This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

3 3433 06272862 5

41236

TRAITÉ

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DES

MATIÈRES EXPLOSIVES

(ARTS MILITAIRES. — INDUSTRIE)

PAR

Léon GODY

Ex-Capitaine-Commandant d'Artillerie.
Professeur de Chimie appliquée à l'École Militaire
et à l'École de Guerre de Belgique

—

TROISIÈME ÉDITION

NAMUR
LIBRAIRIE CLASSIQUE DE AD. WESMAEL-CHARLIER, ÉDITEUR
RUE DE FER, 51

1907

MATIÈRES EXPLOSIVES

TRAITÉ

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DES

MATIÈRES EXPLOSIVES

(ARTS MILITAIRES. — INDUSTRIE)

PAR

LÉON GODY

EX-CAPITAINE-COMMANDANT D'ARTILLERIE,
PROFESSEUR DE CHIMIE APPLIQUÉE A L'ÉCOLE MILITAIRE
ET A L'ÉCOLE DE GUERRE DE BELGIQUE

—

TROISIÈME ÉDITION

NAMUR
LIBRAIRIE CLASSIQUE DE AD. WESMAEL-CHARLIER, ÉDITEUR
RUE DE FER, 53

—

1907

PROPRIÉTÉ.

Tous les exemplaires sont revêtus de la signature de l'auteur.

BDG. No. 2 1 3 9 '99

414296

Namur. — Imprimerie de Ad. Wesmael-Charlier, rue de Fer, 53.

AVANT-PROPOS.

Les progrès réalisés dans l'art de la guerre, la nécessité pour les armées européennes de conserver la prépondérance dans leurs moyens d'action, les besoins de l'industrie, ont donné, dans ces dernières années, une vive impulsion à la science des matières explosives.

Les perfectionnements n'ont cependant pas consisté uniquement dans la découverte d'explosifs nouveaux; ils ont été surtout appliqués à la transformation physique des explosifs violents connus depuis longtemps, afin de les plier à divers usages pour lesquels ils avaient dû être rejetés, à cause de leur instabilité et des dangers de leur manipulation.

Le coton-poudre et la nitro-glycérine présentent des exemples typiques de ce que nous venons de dire; tous deux, si précieux au point de vue de leur énorme puissance de dislocation, furent, peu de temps après leur découverte, bien près d'être abandonnés à cause de leur instabilité; aujourd'hui cependant, tout en ayant conservé leur énergie première, ils constituent des explosifs de l'emploi le plus sûr : l'un est devenu le coton-poudre comprimé humide, l'autre la dynamite et ses variantes. Associés ensemble, ils forment la dynamite-gomme, l'explosif le plus énergique et du maniement le moins dangereux actuellement connu.

On est même parvenu à rendre ces matières, d'un caractère si éminemment brisant, aptes à l'emploi du tir dans les fusils et

les canons; elles constituent des poudres sans fumée donnant aux projectiles des vitesses plus grandes qu'avec la poudre noire, tout en développant des pressions moindres.

Ces résultats précieux ont été acquis soit par une simple transformation physique des corps, soit par un mode d'amorçage spécial.

Le nombre des matières explosives est actuellement très considérable et la théorie permet d'en prévoir bien plus encore; leur étude, par cela même, paraît au premier abord difficile et sujette à la diffusion, mais il n'en est heureusement rien; il n'existe en somme, parmi les explosifs chimiques, qu'un nombre restreint de corps importants — des types, — qui donnent naissance à de nombreuses combinaisons explosives, qu'il est facile de sérier.

C'est dans le but de permettre une étude facile et rationnelle des matières explosives, que nous avons fait imprimer les leçons que nous donnons à l'École d'Application et à l'École de Guerre. Les officiers qui n'ont pas suivi les cours de ces deux établissements d'instruction supérieure militaire n'ont pas eu l'occasion d'étudier ces questions d'une façon spéciale; c'est là une lacune : la connaissance parfaite des explosifs ne doit pas être du domaine exclusif des officiers d'Artillerie et du Génie, mais bien de celui des officiers de toutes les armes.

Nous avons conservé dans cette nouvelle édition l'ordre que nous avions adopté dans la précédente; nous y avons fait de nombreuses et importantes additions, surtout en ce qui concerne les explosifs chimiques et les nouvelles poudres de guerre.

Sans doute notre travail est encore bien incomplet, mais nous avons été arrêté par la crainte d'être trop long et nous pensons que notre but d'enseignement est suffisamment atteint en présentant à nos officiers-élèves un tableau complet de la science actuelle des matières explosives.

Notre travail a été divisé en huit parties distinctes.

Dans la *première partie,* nous faisons l'examen de la poudre noire et de ses matières premières. Nous n'avons pas cru devoir diminuer l'importance de l'étude de la poudre noire; quoique détrônée définitivement par la poudre sans fumée pour le tir des armes à feu, elle restera dans les arts militaires un explosif auxiliaire de la plus grande importance.

Nous examinons dans la *seconde partie* les questions théoriques relatives à la recherche des éléments de la force des matières explosives. La théorie permet actuellement de prévoir la puissance d'un explosif avec une assez grande précision. Nous avons soigneusement développé cette partie, que nous considérons comme très importante.

La *troisième partie* comporte l'étude des poudres d'amorces à base de chlorate de potassium et de fulminate de mercure. Nous y avons étudié aussi quelques explosifs de la série cyanique.

La *quatrième partie* comprend l'étude complète des explosifs chimiques nitrés, provenant des hydrocarbures et des dérivés de la série saturée (série grasse). L'histoire des éthers nitriques a reçu des développements suffisants.

La nitroglycérine, les dynamites, le coton-poudre et ses variantes ont été décrits d'une façon spéciale tant au point de vue militaire qu'au point de vue industriel.

Cette même partie renferme l'étude des éthers perchloriques, si dangereux à manier et d'une si grande puissance.

Dans la *cinquième partie,* nous avons examiné les explosifs aromatiques, c'est-à-dire, ceux qui dérivent des hydrocarbures non saturés (dits de la série aromatique). Nous citerons : les nitrobenzènes, les dérivés azoïques, les phénols nitrés : acide picrique et picrates; les nitrotoluènes, les nitronaphtalènes, les explosifs Favier, etc.

Ces explosifs ont acquis une grande importance militaire et industrielle.

Dans la *sixième partie,* nous avons classé les explosifs difficiles à sérier, tels que les explosifs acides de Sprengel, les panclastites de Turpin, les matières explosives spéciales curieuses.

Nous y avons étudié aussi les *poudres sans fumée;* le secret de leur fabrication n'existe plus aujourd'hui et les compositions des poudres adoptées ou en essai dans les différents États sont connues.

Nous avons traité dans la *septième partie* la pyrotechnie au point de vue de l'emploi de certains artifices en temps de guerre.

La *huitième partie* renferme diverses études parmi lesquelles nous citerons : l'emploi des explosifs en présence du grisou, la destruction des matières explosives, des remarques sur les propriétés des matières explosives, basées sur l'onde explosive de Berthelot.

Nous n'avons pas négligé les *procédés d'analyses chimiques,* qui ont une si grande importance dans les épreuves de réception des explosifs modernes.

Parmi les nombreuses matières que nous avons étudiées et signalées, il en est évidemment beaucoup qui ne sont pas encore entrées dans la pratique, soit à cause de leur prix, de leur fabrication compliquée, de leur instabilité au choc et à la friction. Nous n'avons pas cru devoir les passer sous silence, parce qu'elles pourront peut-être acquérir plus tard une importance très grande : ce sont là des *explosifs de l'avenir!*

Pourquoi certains explosifs si instables actuellement, si sensibles à toute action mécanique, ne seraient-ils pas asservis comme l'a été la nitroglycérine qui, dans le principe, terrifia le monde par ses explosions inexplicables? Ces progrès seront réalisés dès que les besoins de l'homme le pousseront vers l'étude de nouvelles matières explosives, dont il a, du reste, à présent une puissante réserve.

PREMIÈRE PARTIE.

La Poudre noire.

POUDRE NOIRE.

La poudre noire est un mélange intime de salpêtre, de soufre et de charbon de bois.

Afin de bien comprendre les propriétés de cette poudre, il est d'absolue nécessité de faire l'étude préalable de ses trois composants.

SECTION I.

Étude des matières premières.

CHAPITRE I.

SALPÊTRE.

—

§ 1. — Généralités.

1. Formule : KNO^3. — Poids moléculaire : 101,1. — Le corps blanc cristallisé connu vulgairement sous le nom de salpêtre *(sal petrosum)*, porte encore d'autres noms synonymiques : le nitre, le nitre prismatique, l'azotate de potassium, le nitrate de potassium, le salpêtre potassique.

Il est formé d'azote, d'oxygène et du métal potassium dans les proportions suivantes :

Azote. . . .	14	13,85 %
Oxygène . .	48	47,48 %
Potassium . .	39,1	38,67 %
	101,1	100,00

2. Propriétés physiques. — Le salpêtre cristallise normalement en prismes à six pans terminés par des pyramides à six faces. Cette forme cristalline appartient au troisième système cristallin, dit rhomboédrique ou système du prisme hexagonal. Parfois il cristallise aussi en rhomboèdres isomorphes avec ceux du salpêtre sodique (azotate de sodium), mais cette forme n'est pas stable; il suffit, en effet, du contact d'un cristal prismatique pour transformer le rhomboèdre en prisme.

Les cristaux de nitre sont inaltérables à l'air, ils ne sont pas hygroscopiques quand ils sont chimiquement purs. Leur densité est de 2,11 (à 0°C).

L'industrie présente le nitre sous deux formes commerciales : *le nitre en cristaux* et *le nitre en farine*. Il faut, en général, se méfier de la pureté du nitre en gros cristaux, parce que ceux-ci sont obtenus, comme nous le verrons plus loin, dans des eaux-mères généralement impures. Quand on écrase un cristal de nitre sur du papier buvard, celui-ci devient souvent humide; on comprend que des eaux-mères ont été retenues par capillarité entre les facettes des petits cristaux élémentaires dont la réunion a formé le gros cristal, et ces eaux sont difficiles à enlever. Les gros cristaux sont obtenus par le refroidissement lent d'une solution saturée à chaud, ou bien par l'évaporation lente d'une solution saturée à froid; il faut, de plus, une immobilité parfaite.

Le nitre en farine se forme par le refroidissement rapide d'une solution saturée à chaud et par une vive agitation du liquide. La cristallisation se trouve ainsi contrariée et les cristaux élémentaires ne peuvent pas s'agglomérer. La purification de ce nitre en farine, par des lavages à l'eau pure, est infiniment plus facile que celle du nitre en cristaux.

3. — Lorsqu'on chauffe le nitre à 327° (Maumené) il fond en un liquide limpide et mobile comme de l'eau; par le refroidissement, il se prend en une masse blanche, fibreuse, appelée souvent *cristal minéral* ou *sel de prunelle (pruna,* braise). Il n'a subi par le fait de cette fusion aucune altération dans sa composition chimique.

4. — Le nitre est facilement soluble dans l'eau avec abaissement

de température : la solution a une saveur fraîche, un peu amère. Il est beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid.

100 p. d'eau dissolvent :

à	0°	. . .	13,82 parties de salpêtre,
»	5°	. . .	16,70 »
»	11°7	. . .	22,30 »
»	18°	. . .	29,40 »
»	25°	. . .	38,40 »
»	35°	. . .	54,80 »
»	45°	. . .	74,60 »
»	50°	. . .	85,00 »
»	54°7	. . .	97,00 »
»	65°6	. . .	126,00 »
»	80°	. . .	170,00 »
»	97°	. . .	236,00 »
»	100°	. . .	246,00 »
»	115°9	. . .	335,00 »

La formule de dissolution est sensiblement :

$$13,82 + 0,574T + 0,0172T^2 + 0,0000036T^3.$$

Lorsque l'eau contient du sel marin, le nitre s'y dissout en plus fortes proportions.

Les deux sels, en effet, se décomposent mutuellement d'après la formule suivante :

$$KNO^3 + NaCl = NaNO^3 + KCl,$$

du nitre disparaît et la solution n'est plus saturée. En général, les sels qui n'ont aucun élément commun avec le nitre potassique (sel marin, chlorure de magnésium, etc.), facilitent sa dissolution, tandis que ceux qui ont avec lui un élément commun (chlorure de potassium, azotate de sodium) diminuent sa solubilité.

Le nitre est peu soluble dans l'alcool faible et insoluble dans

l'alcool absolu. Nous citons ce fait parce que l'alcool absolu sert dans une méthode de recherche de la densité de la poudre de guerre.

5. Propriétés chimiques. — Nous avons arrêté tantôt la chauffe du nitre à la température de 327°; si la chaleur augmente, on voit la masse liquide dégager des bulles gazeuses formées d'oxygène. La liquéfaction se complique d'une décomposition qui se fait d'après la formule :

$$4\ KNO^3 = \underset{\text{Protoxyde de potassium.}}{K^2O} + \underset{\text{Peroxyde de potassium.}}{K^2O^4} + 2\ N^2 + 3{,}5\ O^2$$

Les produits solides de la décomposition mélangés d'eau, fournissent de la potasse caustique.

La facilité avec laquelle le salpêtre dégage de l'oxygène à une température relativement basse, lui donne des propriétés oxydantes extrêmement énergiques. Aussi fuse-t-il quand on le projette sur des charbons allumés et déflagre-t-il avec violence par la chaleur rouge, quand on le mélange d'une façon intime avec des matières combustibles.

6. Nous mêlons ici du nitre et du charbon de bois, tous les deux à l'état pulvérulent. Par l'approche d'un corps enflammé, la déflagration [1] s'opère aussitôt d'après la formule suivante :

$$4\ (KNO^3) + C^5 = 2\ CO^3K^2 + 3\ CO^2 + 2\ N^2.$$

[1] Nous aurons souvent dans la suite à employer les mots déflagration, explosion, détonation, il est bon d'en donner les significations.

Nous appellerons *déflagration* une réaction vive avec production de flamme et sifflement. Elle se fait ordinairement par l'application du feu, à la pression atmosphérique, sur des matières non comprimées ou non tassées. Tel est le cas de la poudre noire qu'on enflamme en traînée; du coton poudre en fils, etc.

L'*explosion* est une réaction très brusque avec production de flamme et d'un fort bruit instantané. C'est le cas de la poudre qui explose en vase clos dont une partie cède : fusil, canon, mine. Le feu est mis à l'explosif par l'approche d'une flamme : mèche, étoupille, etc.

La *détonation* est une explosion dont les effets destructeurs sont portés au maximum. La détonation s'obtient par une amorce au fulminate de mercure. La durée de la réaction est diminuée par le fait de l'emploi de l'amorce ; l'explosif agit plus brusquement et produit des dislocations plus accentuées.

Ainsi la dynamite fait explosion dans une mine quand on l'allume avec une

Il se produit un résidu solide ou crasse de carbonate de potassium et un grand volume de gaz : acide carbonique et azote portés à une très haute température.

7. — La formule qui précède permet de calculer les poids du nitre et de carbone qu'il faut mélanger pour opérer la réaction indiquée. Nous rappelons qu'une formule chimique ne sert pas seulement à représenter l'*image* d'une réaction chimique, mais aussi à calculer les proportions des substances destinées à réagir les unes sur les autres.

Le poids atomique de l'azote est égal à 14, celui de l'oxygène à 16, celui du potassium à 39,1, enfin celui du carbone à 12.

Le poids moléculaire de l'azotate de potassium est donc :

$$14 + 3 \times 16 + 39,1 = 101.1$$

Nous avons mis en présence, d'après la formule : 4 molécules de salpêtre pesant $4 \times 101.1 = 404.4$ et 5 atomes de carbone pesant $5 \times 12 = 60$.

La composition en centièmes du mélange qui vient de brûler sous vos yeux est d'après cela :

Salpêtre	87,06.
Carbone	12,94.

Il est aisé de calculer aussi la quantité des produits solides et gazeux qui sont les résultats de la réaction. Le poids moléculaire du carbonate de potassium est : $12 + 3 \times 16 + 2 \times 39,1 = 138,2$. La réaction fournit 2 molécules, d'où $2 \times 138,2 = 276,4$ de résidu. Le poids moléculaire de l'acide carbonique est $12 + 32 = 44$; il se dégage trois molécules, soit 132 d'acide carbonique et $4 \times 14 = 56$ d'azote.

Il nous est facile, d'après cela, de calculer le volume gazeux pro-

mèche, mais elle détone si cette même mèche est armée d'une capsule au fulminate de mercure. On peut concevoir que la décomposition se fait dans un temps tellement court que la masse explosive est entièrement réduite en gaz avant que ceux-ci ne commencent à se dilater.

duit par la réaction. Nous savons, en effet, qu'un litre d'acide carbonique pèse à 0° et sous la pression de 760 : $1^{gr}9774$, tandis qu'un litre d'azote dans les mêmes conditions pèse $1^{gr}256$; on aurait ainsi en calculant en grammes :

$$404{,}4^{gr}\,Az\,O^3K + 60^{gr}C = 276{,}4^{gr}\,CO^3K^2 + 132^{gr}\,CO^2 + 56^{gr}Az.$$

$$= 276{,}4^{gr}\,CO^3K^2 + \frac{132}{1{,}9774}\,CO^2 + \frac{56}{1{,}256}\,Az.$$

$$= 276{,}4^{gr}\,CO^3K^2 + 66^{l}71\,CO^2 + 44^{l}58\,Az.$$

ou en centièmes :

Salpêtre	$87^{gr}06$	produisent	Carbonate de potassium	$59^{gr}48$	$23^{l}963$.
Carbone	$12^{gr}94$		Acide carbonique . .	$14^{l}377$	
	$100^{gr}00$		Azote	$9^{l}586$	

Nous avons tenu à donner un exemple de calcul complet, afin de pouvoir, dans l'avenir, nous en abstenir et nous contenter d'indiquer les résultats numériques des nombreuses réactions explosives qu'il nous reste à étudier.

8. — Tout en conservant la même dose de salpêtre, on peut augmenter la quantité de carbone, et cela dans une proportion telle que l'acide carbonique se trouve réduit en oxyde de carbone :

$$4(AzO^3K) + C^8 = 2(CO^3K^2) + 6CO + 2Az^2.$$

Tout calcul fait, on trouve ainsi que :

$80^{gr}80$ de nitre	donnent	$55^{gr}20$ de carbonate de potassium.		
$19^{gr}20$ de carbone		$26^{l}82$ d'oxyde de carbone		$35^{l}73$
		$8^{l}91$ d'azote		de gaz.

La déflagration du nitre avec un excès de carbone dégage un volume gazeux plus considérable que dans le cas de la combustion complète; seulement la quantité de chaleur dégagée est beaucoup moindre, à cause de l'absorption produite par la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone. En fait, cette poudre est moins énergique.

9. — Nous obtenons des mélanges analogues avec le nitre et le soufre.

La formule suivante donne la réaction entre ces deux corps :

$$2AzO^3K + S^2 = SO^4K^2 + SO^2 + Az^2$$

	202	64	174	64	28
ou %	75,93	24,07	65,41	24,07	10,52.

Cette mixture brûle avec une flamme blanche éblouissante. Elle sert de base à la fabrication des feux de Bengale.

10. — Lorsqu'on mélange du nitre, du carbone et du soufre, on obtient une poudre déflagrant avec une excessive vivacité :

$$2AzO^3K + S + 3C = K^2S + Az^2 + 3CO^2$$

	202	32	36
%	74,82	11,85	13,33

On voit que l'addition du carbone, au mélange soufre-nitre, provoque la réduction du sulfate de potassium en sulfure de potassium.

11. — On a recherché quelles étaient les températures de réaction entre le nitre-soufre et le nitre-charbon. Dans ce but, on a fondu une certaine quantité de nitre dans une capsule et on y a enfoncé de petits cylindres de soufre et de charbon de bois.

Le soufre, dans le nitre fondu à 400°, brûle à l'air sans décomposition du nitre.

Le soufre, dans le nitre fondu à 432°, déflagre.

Le charbon de bois, dans le nitre à 400°, déflagre.

On peut donc admettre que la poudre à tirer déflagre vers 400°, c'est-à-dire, qu'à cette température les substances mélangées réagissent violemment les unes avec les autres : seulement l'inflammation de la poudre se fait déjà vers la température de 250°, qui est celle du soufre.

12. Origines du nitre. — On pourrait fabriquer industriellement le nitrate en attaquant le carbonate de potassium par l'acide azotique.

Nous avons mis dans ce ballon une solution bouillante saturée de carbonate de potassium, nous y versons avec précaution de l'acide

azotique concentré. Une vive effervescence se manifeste à chaque addition d'acide; elle est causée par un dégagement tumultueux d'acide carbonique. Bientôt celui-ci cesse, tout le carbonate de potassium est transformé; la liqueur est mise à refroidir lentement et le ballon se remplit de beaux cristaux prismatiques de salpêtre :

$$2AzO^3H + CO^3K^2 = 2AzO^3K + CO^3H^2.$$

Seulement, il n'existe aucune fabrique de salpêtre basée sur ce principe; c'est la nature elle-même qui s'est chargée de cette fabrication. Il suffit à l'homme de recueillir les produits naturels qui se forment constamment. Certains murs placés dans des conditions spéciales se recouvrent d'efflorescences salines qui causent peu à peu la désagrégation des matériaux; on dit que la muraille est atteinte de *carie*. Dans quelques pays, de vastes plaines se recouvrent de petits cristaux de salpêtre formé dans le sein du sol; l'Espagne, la Hongrie, l'Égypte, l'Inde, fournissent des exemples remarquables de cette génération saline.

Au Pérou et en Bolivie, il existe des gisements énormes de nitrates; ceux-ci n'y forment pas des efflorescences, mais bien des bancs d'une épaisseur très considérable qu'on exploite au pic et à la poudre.

Beaucoup de plantes renferment des doses notables de nitrate : le tabac auquel il donne la propriété de brûler assez longtemps sans s'éteindre. Tous les fumeurs connaissent ces espèces de combustions vives qui ont lieu surtout dans les côtes de la feuille de tabac qui enveloppe le cigare : c'est une petite déflagration qui s'opère entre le tabac et le nitre qu'il renferme. Souvent, dans les fabriques de tabac, on charge celui-ci d'un peu de nitre pour augmenter sa combustibilité. La betterave renferme environ 150 gr. de salpêtre par 100 kilogr. On peut citer encore la pariétaire, la bourrache et surtout les amarantacées.

13. Génération des nitrates naturels. — Nous disons *des* nitrates naturels, attendu que la nature fournit une assez grande variété de ces sels : les nitrates de calcium, d'ammonium, de potassium, de sodium, de magnésium sont les plus ordinaires.

La nature réalise en grand l'expérience que nous avons faite tantôt; elle fait agir de l'acide azotique sur des composés calciques, ammoniques, potassiques, sodiques, magnésiques qui sont abondants dans le sol.

Comment donc la nature engendre-t-elle l'acide nitrique?

14. Théories de la nitrification. — L'acide nitrique peut prendre naissance :

1° Par l'union directe de l'azote et de l'oxygène;

2° Par l'oxydation de l'ammoniaque;

3° Par la vie de ferments organisés dits *ferments nitriques*.

15. Union directe de l'azote et de l'oxygène. — L'azote a des affinités peu énergiques, il ne peut se combiner directement à l'oxygène que sous l'influence de circonstances spéciales, chose très heureuse pour nous qui vivons dans un mélange intime de ces deux gaz! Il ne s'unit jamais directement à l'hydrogène et ne se combine au carbone qu'à haute température en présence d'un alcali ou d'un carbonate en fournissant un cyanure.

Ce fut Cavendish qui, le premier, en 1786, provoqua l'union directe de l'azote et de l'oxygène par l'étincelle électrique. Nous allons vous en donner la démonstration expérimentale.

Voici un ballon de verre bien sec, il est fermé par un bouchon de caoutchouc au travers duquel passent, à quelque distance l'un de l'autre, deux fils de platine assez longs. Les extrémités des deux fils sont placées à quelques millimètres de distance l'une de l'autre à l'intérieur du ballon; les deux autres bouts restés hors du vase sont contournés en boucles. L'ensemble représente assez bien une grosse lampe électrique à incandescence à filament de platine, mais à filament interrompu. Les boucles sont reliées aux bornes d'une forte bobine de Ruhmkorff.

Ce ballon renferme de l'air, faisons jaillir l'étincelle d'induction; au bout de quelques minutes, le ballon est rempli de vapeurs rousses composées de peroxyde d'azote; il s'est formé :

$$Az + O^2 = AzO^2;$$

l'odeur en est manifeste, et si nous versons dans le ballon un peu d'eau distillée, la teinte rousse disparaît, le gaz s'est dissous dans l'eau, laquelle renferme maintenant de l'acide azotique et de l'acide azoteux :

$$2\,AzO^2 + H^2O = \underset{\text{acide azotique.}}{AzO^3H} + \underset{\text{acide azoteux.}}{AzO^2H}.$$

Un papier de tournesol bleu, trempé dans le liquide, rougit immédiatement. Si, au lieu d'employer de l'eau distillée, on fait usage d'eau tenant en dissolution un peu de chaux, ou de potasse, ou de soude, on peut, après évaporation, recueillir de petites quantités de nitrates de ces bases ; il est facile de prouver leur présence au moyen de réactifs de l'acide nitrique.

Versons une partie de l'eau de lavage du ballon dans ce tube à essais ; ajoutons quelques parcelles de brucine, puis après quelques gouttes d'acide sulfurique pur : la coloration rouge vive que vous voyez naître est caractéristique de la présence de l'acide nitrique.

La formule indique aussi la présence d'acide nitreux ; versons dans un autre tube à essais le restant du liquide de lavage, ajoutons quelques gouttes d'acide sulfurique pur et quelques gouttes du réactif de Trommsdorff [1] ; voyez, le liquide bleuit, signe de la présence des azotites.

Dans la nature, cette réaction entre l'azote et l'oxygène se fait, mais par des causes bien plus formidables que les petites étincelles que vous voyez ici ; lorsqu'un éclair jaillit dans les nues, une quantité très considérable de peroxyde d'azote se forme ; ce gaz se dissout

[1] **Réactif de Trommsdorff.** — On fait bouillir pendant plusieurs heures 5 grammes d'amidon ou de fécule avec 20 grammes de chlorure de zinc et 100 cc. d'eau distillée en remplaçant au fur et à mesure l'eau qui s'évapore. On prolonge l'ébullition jusqu'à dissolution presque complète de l'enveloppe du grain d'amidon, on ajoute alors 2 grammes d'iodure de zinc ; on étend d'eau à 1000 cc. et on filtre.

Cette solution doit être conservée à l'abri de la lumière.

Pour faire un essai, on verse dans le liquide à analyser quelques gouttes d'acide sulfurique étendu, puis quelques gouttes du réactif. Une coloration bleue prouve la présence d'acide azoteux. Celui-ci, en effet, met de l'iode en liberté, lequel bleuit l'empois d'amidon.

dans l'eau de pluie et est entraîné vers le sol sous forme d'acide nitrique. On a constaté que toutes les eaux d'orage renferment des traces souvent considérables d'acide nitrique; celui-ci, dans le sol, se transforme immédiatement en nitrates.

On a cru longtemps que l'ozone qui se forme lors du passage d'un éclair dans l'air, pouvait, par sa combinaison directe avec l'azote, fournir de l'acide azotique; mais il est prouvé aujourd'hui, par les expériences de MM. Berthelot et Carius, que l'ozone n'oxyde pas l'azote.

16. Action des effluves électriques. — Les quelques orages qui éclatent dans nos contrées ne peuvent pas produire la grande quantité d'acide nitrique qui se forme dans l'air. Les eaux de pluie ordinaires renferment presque toujours des traces de nitrates. L'électricité à faible tension, analogue à l'électricité atmosphérique habituelle, est suffisante pour provoquer l'union lente des éléments de l'air; la petitesse des effets est compensée par leur durée et par l'immensité des surfaces influencées. M. Berthelot explique ainsi la fixation de l'azote dans l'acte de la végétation.

Fabrication industrielle de l'acide nitrique et des nitrates. Procédé Birkeland-Eyde. — On a établi en Norvège à Nottoden près de Hitterdal une usine électrique actionnée par les chutes du fleuve Rukanor qui peuvent fournir 30000 chevaux. Le principe du procédé est l'emploi d'un électro-aimant comme interrupteur électrique. Si l'on introduit une étincelle électrique dans un champ magnétique, elle s'allonge perpendiculairement au champ et cesse à une certaine hauteur pour recommencer aussitôt entre les pôles; si le champ magnétique est variable, l'allongement de l'étincelle ne se fait pas seulement dans la direction perpendiculaire au champ, mais aussi le long des électrodes; on obtient un disque formé d'une série d'étincelles; ce disque peut arriver au diamètre de 2 mètres avec un courant de 500 kilowatts. Ce genre de soleil électrique alimenté par des machines à courant alternatif est enfermé dans un four étroit à travers lequel on fait passer un courant d'air à raison de 75 mètres cubes par minute. La combinaison de l'oxygène et de l'azote s'opère sous forme de bioxyde d'azote qui se transforme en peroxyde dès qu'étant refroidi

il vient en contact de l'air. Les gaz sortant des fours renferment 2 p. c. de bioxyde; ils passent dans des tours à réaction dans lesquelles on fait ruisseler de l'eau; on recueille un acide faible qui est remonté plusieurs fois jusqu'à une concentration suffisante.

L'acide nitrique est saturé par la chaux et c'est sous forme de nitrate de calcium qu'il est transporté au loin.

On obtient deux espèces de sels : l'azotate neutre qui est évaporé à sec, fondu et coulé dans des boîtes en fer-blanc où il est soudé, à cause de son hygroscopicité; et l'azotate basique qui n'est pas hygroscopique et qui peut servir directement comme engrais; au contact de l'acide carbonique de l'air, il se transforme en nitrate normal et carbonate de calcium. Cette nouvelle industrie deviendra très importante.

17. Nitrification de l'ammoniaque. — L'ammoniaque en présence de l'oxygène peut, dans certaines circonstances, s'y combiner et donner lieu aux réactions suivantes, lesquelles engendrent toutes de l'acide nitrique ou des nitrates :

1° $AzH^3 + O^4 = AzO^3H + H^2O$;
2° $2AzH^3 + O^7 = 2AzO^2 + 3H^2O$;
3° $2AzH^3 + O^4 = AzO^3\,AzH^4 + H^2O$.

Nous pouvons, au moyen de plusieurs expériences, vous prouver cette oxydation de l'ammoniaque :

1° Voici un tube à une boule dans laquelle se trouve de la mousse de platine. Ce tube est réuni à un flacon de Woulf à deux tubulures, rempli à moitié d'une solution saturée d'ammoniaque. Dans l'une des tubulures passe un tube plongeant au fond du liquide, dans l'autre un tube qui ne le touche pas; des bouchons les maintiennent en place. Dans ce gazomètre se trouve de l'oxygène, qu'on réunit au premier tube du flacon de façon qu'en ouvrant le robinet, l'oxygène est obligé de barboter dans l'ammoniaque; le tube à boule est ainsi traversé par un mélange intime de gaz ammoniac et d'oxygène. On chauffe préalablement la mousse de platine dans la boule au moyen d'une lampe à gaz, de façon à chasser de ses pores tous les

fluides étrangers et, quand il est chaud encore, on ouvre le réservoir à oxygène. Immédiatement, le platine rougit et il sort du tube non plus un mélange intime d'ammoniaque et d'oxygène, mais des vapeurs nitreuses que l'on peut fixer en les faisant barboter dans ce verre à expériences rempli d'eau pure ou légèrement alcaline. En réglant la quantité d'oxygène, ou bien en diluant plus ou moins l'ammoniaque liquide, on peut à volonté obtenir de l'acide nitrique ou du nitrate d'ammonium, lequel apparaît sous forme de fumées blanches ;

2° Voici une seconde expérience, plus typique encore :

Dans ce verre à précipités se trouve une solution saturée d'ammoniaque ; on suspend au-dessus, au moyen d'une tige de verre, un fil de platine enroulé en spirale. Ce fil a $\frac{1}{2}$ mm. d'épaisseur et fait une vingtaine de tours. L'extrémité de la spirale affleure le liquide. Dans celui-ci plonge jusqu'au fond un tube de verre, il communique avec le gazomètre rempli d'oxygène ; on chauffe le fil de platine au rouge vif dans la flamme d'un bec de gaz et on le met en place ; le robinet du gazomètre est ouvert et l'oxygène barbote dans l'ammoniaque ; le fil de platine rougit immédiatement avec production de vapeurs blanches d'azotate d'ammonium. Chauffons le vase, afin d'augmenter le dégagement d'ammoniaque gazeux ; la réaction devient plus vive, et voyez, le mélange d'oxygène et d'ammoniaque s'enflamme en produisant une série de véritables explosions.

Bientôt la flamme jaune est continue et l'on peut retirer le fil de platine sans que la réaction cesse. Nous avons là un exemple remarquable de la combustion de l'oxygène dans une atmosphère d'ammoniaque.

Dans les deux expériences qui précèdent, la combinaison des deux gaz s'est faite avec vivacité à cause de l'incandescence de la mousse de platine ou du platine en fil. On sait que ce métal possède la propriété d'absorber de grandes quantités de gaz. Cette absorption très rapide produit une énorme compression des fluides dans les pores du platine, de là naît une élévation de température suffisante pour rougir le métal. La compression énergique des gaz et la haute température à laquelle ils sont portés provoquent leur combinaison. Celle-ci

peut cependant aussi se faire, mais beaucoup plus lentement, à la température ordinaire et on peut le prouver de la façon suivante :

Dans ce grand ballon se trouve de l'ammoniaque liquide très diluée et un morceau de phosphore incomplètement immergé : le phosphore s'oxyde lentement au contact de l'air et l'on peut constater dans les vapeurs qui remplissent le vase la présence de nitrate d'ammonium.

Voici encore de la tournure de cuivre mouillée au moyen d'ammoniaque ; sous l'action de l'air, il y a également formation de vapeurs blanches riches en azotate d'ammonium.

L'oxydation lente d'une substance combustible peut donc entraîner l'oxydation de l'ammoniaque qui se trouve dans le voisinage.

On pourrait, d'après cela, comprendre la formation du nitre dans les matériaux des maisons et des écuries. Les urines sont riches en urée qui se transforme bien vite en carbonate d'ammonium ; l'urine fraîche n'a presque pas d'odeur, mais au bout de peu de temps elle fermente sous l'influence d'un micro-organisme qui provoque la transformation signalée plus haut :

$$\underset{\text{urée}}{CH^4Az^2O} + 2H^2O = \underset{\text{carbonate d'ammonium.}}{CO^3(AzH^4)^2} ;$$

le carbonate d'ammonium, très volatil, produit alors l'odeur ammoniacale des vieilles urines ; ce dégagement est surtout très vif dans les tas de fumier. Les vapeurs du sel ammoniacal pénètrent dans les murs poreux et humides, finissent par s'y oxyder et donnent du salpêtre, qui ici est du nitrate de calcium.

On a aussi avancé que l'oxyde de fer, très abondant dans certains terrains, pouvait provoquer l'oxydation de l'ammoniaque dégagée par des matières azotées, telles que les fumiers en décomposition dans le sol. L'oxyde ferrique (Fe^2O^3) cède facilement de l'oxygène aux substances combustibles avec lesquelles il se trouve en contact ; chacun sait que les clous rouillés enfoncés dans du bois s'enlèvent bientôt avec facilité ; tout autour du trou, le bois est devenu noir comme s'il avait subi l'action du feu. La rouille, qui est de l'oxyde ferrique hydraté, a peu à peu oxydé ou brûlé le bois par dégagement lent d'oxygène.

On n'ignore pas que les taches de rouille sur le linge font la terreur des bonnes ménagères; la fibre dans ces endroits s'affaiblit de plus en plus et finit par disparaître au moindre frottement.

L'oxyde de fer, pendant cette combustion, s'est transformé en oxyde magnétique :

$$3Fe^2O^3 = 2Fe^3O^4 + O.$$

L'oxyde magnétique reprend lentement de l'oxygène à l'air et régénère l'oxyde ferrique :

$$2Fe^3O^4 + O = 3Fe^2O^3,$$

lequel accomplit à nouveau un rôle comburant.

D'après Thénard, l'oxyde de fer joue un rôle important dans la végétation; grâce à lui, il y a formation de nitrates.

18. Nitrification par les ferments organisés. — Cette nitrification est de beaucoup la plus importante; elle fut découverte par MM. Schloesing et Müntz. Les questions de savoir si les nitrates étaient le résultat d'une réaction directe purement chimique entre l'oxygène et l'ammoniaque, ou s'ils étaient formés par l'intermédiaire d'organismes vivants fonctionnant comme ferments, furent posées depuis le jour où M. Pasteur prouva que les mycodermes du vin et du vinaigre transportent l'oxygène de l'air sur les substances organiques les plus diverses et sont ainsi les agents les plus énergiques de la destruction de la matière organisée qui a cessé de vivre. La nitrification rapide des matières azotées ne serait-elle pas le résultat d'un acte vital?

MM. Müntz et Schoesing voulant étudier la question de la purification des eaux d'égout par leur déversement sur un sol poreux (irrigations sur la plaine de Gennevillers, près Saint-Denis, Paris) firent usage d'un large tube de verre de 1 mètre de longueur, rempli de sable quartzeux calciné au rouge et mêlé de 100 grammes de calcaire en poudre. Ils y versèrent de l'eau d'égout et en quantité telle, qu'il fallut huit jours pour qu'elle descendît. On fit les analyses de l'eau d'égout brute et de l'eau sortant du tube, à des intervalles assez rapprochés. Pendant vingt jours, la proportion

d'ammoniaque resta constante, puis du nitre apparut, apparition coïncidant avec la disparition graduelle de l'ammoniaque.

Si les matières organiques et l'ammoniaque sont brûlées par l'oxygène agissant directement et sans intermédiaire, pourquoi aurait-il fallu vingt jours d'attente? Ce retard se comprend avec l'hypothèse des germes qui ne peuvent agir qu'après l'ensemencement fortuit et leur développement.

Les auteurs eurent l'idée de répandre dans le tube des vapeurs de chloroforme qui suspend, comme on le sait, toute activité chez les germes organisés sans entraver l'action des ferments solubles; la nitrification cessa aussitôt.

L'existence du micro-organisme inconnu étant ainsi prouvée, on parvint bientôt à l'isoler et à étudier les conditions de sa vie. Le microccus de la nitrification est punctiforme, brillant, aérobie, il peut être cultivé sur l'eau d'égout stérilisée ou sur des solutions alcalines étendues, contenant un sel ammoniacal et de petites quantités de matières minérales et organiques. La lumière vive empêche l'action du microbe. Son action s'exerce entre des limites déterminées de température : de 5° à 55°C; elle est maximum à la température de 37°. A 100° les corpuscules périssent, il en est de même sous l'influence du chloroforme et des antiseptiques à forte dose. L'humidité leur est indispensable ainsi que l'oxygène. Leur action exige le concours d'une faible alcalinité. La multiplication est lente et semble s'opérer par bourgeonnement. Le ferment nitrique se multiplie en ensemençant un liquide nourricier ou une terre au moyen d'une parcelle de terre arable, ou bien encore au moyen de quelques centimètres cubes d'eau d'égout qui en renferme toujours.

Le ferment nitrique a été trouvé par M. Müntz sur les plus hautes cimes des Alpes et des Pyrénées, même sous des couches de neige de plusieurs années.

19. M. Winogradsky est parvenu à obtenir des végétations abondantes et pures de l'espèce nitrifiante en la cultivant dans une solution minérale exempte de toute trace de carbone organique (les milieux de culture gélatinisés ne valent rien). Dans ce liquide, qui ne donnait à l'organisme d'autres composés carbonés que l'acide

carbonique et les carbonates, ni l'abondance de sa multiplication, ni ses propriétés nitrifiantes énergiques ne parurent diminuer pendant plusieurs mois; cet organisme est donc en état d'assimiler le carbone de l'acide carbonique. Le microbe de la nitrification est ainsi capable d'une synthèse complète de sa substance aux dépens de l'acide carbonique et de l'ammoniaque. Il accomplit cette synthèse indépendamment de la lumière et sans autre source de force que la chaleur dégagée par l'oxydation de l'ammoniaque.

A ce point de vue, le ferment nitrificateur se rapproche d'autres espèces curieuses étudiées aussi par M. Winogradsky : 1° les sulfobactéries dont la fonction s'accomplit par l'oxydation de l'hydrogène sulfuré dans les eaux qui se remplissent de soufre, lequel est brûlé à son tour et excrété à l'état d'acide sulfurique; 2° les ferro-bactéries, qui ont pour fonction d'oxyder les sels ferreux. Leur vie est ainsi étroitement liée à la présence de ces composés dans leur milieu nutritif.

Au point de vue de la physiologie générale, l'histoire du ferment nitrificateur nous montre le premier exemple d'une action naturelle de synthèse accomplie à l'abri de la lumière, par des plantes sans chlorophylle.

20. Conditions de la nitrification. — Les découvertes du ferment nitrique et des conditions de sa vie ont jeté une vive lumière sur les phénomènes de la nitrification restés si obscurs auparavant.

Les anciens salpêtriers avaient donné les conditions les plus favorables à la nitrification, et nous citerons entre autres : 1° la présence de matières susceptibles de fournir les éléments de l'acide azotique : sels ammoniacaux, substances azotées végétales et animales (fumier); 2° la présence de certaines bases destinées à accélérer la formation de l'acide nitrique en se combinant avec lui : les alcalis, la chaux, la magnésie; 3° le concours de l'humidité dans une certaine mesure, ni trop, ni trop peu; 4° une température de 15 à 20° au moins, la nitrification s'arrêtant à 0°C; 5° l'emploi de matériaux suffisamment poreux pour la libre circulation de l'air; 6° une lumière modérée. — On voit que toutes ces conditions répondent à la vitalité maximum du microbe.

Celui-ci est universellement répandu et son activité permet d'expliquer la formation abondante du nitre dans tous les terrains favorables situés dans les divers pays du globe à température modérée. Si dans nos climats nous ne voyons pas. comme aux Indes et en Égypte, le sol se recouvrir de houppes cristallines de salpêtre, c'est parce que les pluies y sont abondantes; elles entraînent le nitre dans le sol, de là dans les puits et les ruisseaux. Presque tous les puits situés dans les villes contiennent du salpêtre provenant de l'oxydation des matières azotées d'origine animale dont le terrain finit par être saturé. L'analyse de l'eau d'un puits de Bruxelles nous a donné 290 milligrammes d'anhydride azotique au litre, ou 290 grammes au mètre cube, ce qui correspond à 542 grammes de nitrate de potassium.

§ 2. — EXTRACTION DU SALPÊTRE BRUT.

21. Salpêtre de l'Inde. — Le Bengale et les environs de Patna fournissent une grande quantité de salpêtre. La formation de celui-ci est due à l'oxydation des matières organiques provenant des déjections des habitants ou des débordements périodiques des rivières et des fleuves.

Une condition favorable à la nitrification dans ces pays c'est l'absence de pluie. Le nitre se forme presque à la surface du sol, et toujours à faible profondeur; les terres imprégnées de ce sel sont humectées chaque nuit par des rosées extraordinairement abondantes; l'eau se sature de salpêtre et vient s'évaporer à la surface par la chaleur du jour; le sol se recouvre de houppes salines et même de cristaux durs de salpêtre. On fait le houssage de ces terres, on jette le tout dans des chaudières remplies d'eau chaude qui laisse déposer les matières insolubles. Le liquide est additionné ordinairement de cendres de bois, lesquelles renferment des doses notables de carbonate de potassium; ce corps transforme les nitrates à base de sodium, de calcium, d'ammonium, en nitrate de potassium. Le liquide décanté et évaporé donne du salpêtre brut, qu'il faut raffiner.

Analyses de deux échantillons de salpêtre brut (de houssage).

	A	B
Azotate de potassium	8,3	2,26
Azotate de sodium	»	6,32
Azotate de calcium	3,7	»
Chlorure de sodium	0,2	14,81
Sulfate de calcium	0,8	1,43
Sulfate de magnésium	»	1,38
Carbonate de calcium	35,0	
Eau	12,0	73,80
Matières insolubles	40,0	
	100,00	100,00

A = salpêtre du Bengale (Tirhoot).
B = salpêtre de Patrée (Guzerat).

22. Salpêtre de Ceylan. — L'île de Ceylan renferme de nombreuses grottes creusées dans des roches calcaires et habitées par d'innombrables bandes de chauves-souris; on racle tous les ans la croûte externe, qui est riche en salpêtre.

23. Nitrières artificielles. — L'homme peut imiter en petit le travail de la nature, en créant des nitrières artificielles; cette fabrication est devenue peu importante aujourd'hui; on fait des tas dont les matières premières sont des terres riches, bien fumées, qu'on stratifie avec du fumier; on interpose des claies pour permettre l'accès de l'air. L'humidité est maintenue au moyen d'eau ou d'urine. Au bout d'un certain temps, le tas est jeté dans de l'eau qui dissout le salpêtre.

On recueille aussi du nitre en lessivant les plâtras des écuries. Ce nitre est surtout du salpêtre calcique, qui est transformé en salpêtre potassique par l'addition d'un sel de potassium (cendres de bois).

24. Nitre du Chili. — Le nitre du Chili n'est pas du nitrate de potassium, mais bien du nitrate de sodium. Les gisements de ce sel

se trouvent au sud du Pérou sur le versant oriental des Andes; ils s'étendent jusque dans le désert d'Atacama. Mariano de Rivero signala, dès 1821, l'existence de ces gisements qui ne furent exploités que vers 1830. Anciennement, les sels extraits étaient dirigés vers le sud du Chili, de là le nom de salpêtre du Chili. Les principaux lieux d'exploitation sont : Tarapaca (Pérou), qui fut annexé au Chili par le traité de 1882, et Antafagasta (Bolivie).

25. — D'après C. Nöllner, les gisements de salpêtre doivent leur origine aux varechs.

Des masses prodigieuses de varechs (comme il s'en présente encore dans les prés de varechs de l'Océan) furent isolées, par un soulèvement volcanique, dans des lagunes d'eau de mer où ils fermentèrent en donnant de l'acide nitrique au détriment de leur azote. Il se forma du nitrate de calcium avec le carbonate de chaux présent, puis du nitrate de sodium avec le sulfate de sodium avoisinant.

26. Exploitation du minerai. — Le minerai est extrait au pic et à la poudre.

La surface des terrains de salpêtre est constituée ordinairement par une couche de sable riche en plâtre (chuca); en dessous des matières minérales soudées par du plâtre : du sulfate de potassium, du sulfate de sodium, du sulfate de magnésie et un peu de sel marin. En dessous se rencontre le salpêtre brut (caliche) dont la coloration est très variée. A la base du caliche se trouve une couche d'argile.

La richesse moyenne du caliche est :

pour la meilleure qualité	40-50° ₀	de nitrate sodique
» moyenne »	30-40° ₀	»
» qualité inférieure	17-30° ₀	»

Le minerai est concassé et déchargé dans des chaudières d'une contenance de 2300 pieds cubes anglais chacune. On fait bouillir, les terres se séparent et on fait cristalliser. Les eaux-mères retiennent la plupart des sels étrangers.

Les eaux-mères sont plus tard traitées pour en retirer l'iode. Le nitre obtenu est égoutté et expédié en sacs vers les ports d'embarquement. C'est surtout le port d'Iquique qui exporte le salpêtre sodique.

Afin d'éviter le transport à dos d'âne du combustible de la côte vers les gisements (situés à 10 ou à 12 lieues) et celui du nitre vers la côte, on a proposé de dissoudre le nitre à froid près de la nitrière, et de faire arriver la dissolution sur les bords de la mer à l'aide de conduites; l'opération du raffinage se ferait près des navires.

Le même moyen sert depuis longtemps pour le transport du pétrole brut dans l'Amérique du Nord et en Russie.

27. Analyse de nitrates de bonnes fabriques. —

Azotate de sodium	96,00
Chlorure de sodium	1,00
Sulfates solubles	0,50
Matières insolubles	0,25
Eau	2,25
	100,00

§ 3. — CONVERSION DU NITRE SODIQUE.

28. — On appelle ainsi la transformation de l'azotate de sodium en azotate de potassium. Le produit de l'opération se nomme *nitre converti* ou *nitre de conversion*.

La conversion peut se faire de plusieurs manières :

29. — On met en présence du nitrate de sodium et du chlorure de potassium.

La réaction suivante s'opère :

AzO^3Na	+	KCl	=	AzO^3K	+ NaCl.
85,087		74,504		101,181	58,5
100,00		87,65		118,82	68,83.

30. — La conversion au moyen du chlorure de potassium se fait aujourd'hui économiquement, grâce à la découverte de gisements extrêmement riches de ce sel, en Allemagne. Il existait à Stassfurt, petite ville de la Saxe prussienne, des sources d'eau salée; on creusa, de 1839 à 1843, plusieurs puits destinés à rechercher le sel gemme; celui-ci se rencontra en couches puissantes à la profondeur de

324 mètres. On avait traversé, à la profondeur de 255 mètres, des couches de sel à mauvais goût que l'on rejeta pendant longtemps comme étant sans valeur. Ces couches étaient extrêmement riches en chlorure de potassium, et elles sont actuellement exploitées de préférence au sel gemme.

On trouve dans les exploitations souterraines de Stassfurt une assez grande quantité de couches salines de compositions chimiques différentes, elles sont superposées par ordre de solubilité des sels dans l'eau; elles montrent en toute évidence que le gisement se trouve au milieu d'une masse provenant du desséchement d'un lac salé, longtemps alimenté par l'eau de la mer. Ces couches se trouvent exactement dans l'ordre où se déposent les sels, soit dans les salins de la Méditerranée, soit dans les lacs salés de l'époque actuelle.

31. — Les couches se composent en commençant par la partie supérieure : de *tachhydrite* ($CaCl^2 + 2\ MgCl^2 + 12\ H^2O$); de *carnalite* ($KCl + NaCl + MgCl^2 + 6\ H^2O$); de *sylvine* (KCl pur); de *kiésérite* ($SO^4Mg + H^2O$); de *sel gemme impur* ($NaCl + SO^4Ca + SO^4K^2 + H^2O$); etc., etc.

32. Traitement de la carnalite. – La composition de la carnalite impure est, en moyenne :

Chlorure de magnésium	20
Id. potassium.	16
Id. sodium	25
Sulfate de magnésium	10
Eau et impuretés	29
	100

On dissout le sel impur dans une quantité limitée d'eau chaude et, par des cristallisations successives, on en retire le chlorure de potassium.

33. Opérations de la conversion. — Il est facile, d'après la formule de réaction que nous avons donnée plus haut, de calculer les doses des deux sels à mettre en présence. Le calcul des poids

moléculaires fournit : 100 Kg. AzO^3Na + 87,65 Kg. KCl = 118,82 Kg. AzO^3K + 68,83 Kg. NaCl.

En pratique, on emploie ordinairement 110 Kg. AzO^3Na et 84 Kg. KCl à cause des impuretés que ces sels renferment.

Il est à noter qu'après réaction, la solution saline renfermera les quatre sels, et cela d'après la règle de l'action mutuelle des sels. Du nitrate de potassium et du chlorure de sodium prennent naissance, mais cette génération s'arrête à une certaine limite, par suite d'une espèce d'équilibre qui se produit entre le système des quatre sels.

La dissolution des sels se fait dans de grandes chaudières au moyen de l'eau chaude, et en quantités telles, que le salpêtre formé ne se précipite pas; le sel marin, au contraire, moins soluble à chaud, se dépose.

Les sels sont séparés les uns des autres par une analyse basée sur les différences de leurs solubilités à chaud et à froid.

100 parties d'eau dissolvent :

	à 0°	à 10°	à 100°
Chlorure de potassium . .	28,5	32	57
Id. sodium . . .	35,5	35,7	39,6
Azotate de sodium. . . .	71	78	178
Id. potassium. . .	13	22	246

On voit par le tableau précédent que le nitrate de potassium est beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid; que le chlorure de sodium est presque aussi soluble à froid qu'à chaud.

On remplit la chaudière d'eau qu'on chauffe à 100°; on y verse le nitrate de soude et la quantité correspondante de chlorure de potassium [1]. On remue pour hâter la dissolution; la réaction s'opère au fur et à mesure de la dissolution du chlorure de potassium, mais en même temps l'excès de chlorure de sodium se précipite. La réaction étant complète, on enlève les sels déposés; ils sont jetés

[1] Souvent les chlorures sont mêlés de sulfate de potassium; on y ajoute du chlorure de calcium qui donne du sulfate de calcium qui se dépose et du chlorure de potassium.

dans des paniers d'osier placés sur les rebords de la chaudière et ils égouttent dans celle-ci. La solution chaude de la chaudière ne renferme donc plus que du nitrate de potassium, du chlorure de sodium et des traces de nitrate de sodium et de chlorure de potassium. D'après le tableau des solubilités, on voit que l'azotate de potassium est très peu soluble à froid; par conséquent, si on laisse refroidir la solution, ce sel va se précipiter, accompagné d'un très léger dépôt de sel marin. La cristallisation se fait rapidement en versant la solution chaude dans des bacs métalliques plats appelés *cristallisoirs*. On a soin de remuer constamment le liquide qui refroidit, de façon à obtenir de petits cristaux. La température de l'eau étant descendue à la chaleur ambiante, on décante les eaux-mères saturées de nitre et de sel marin. Le nitre potassique est jeté dans des bacs en bois (bacs à laver) dans lesquels on lui fait subir des lavages à l'eau froide.

L'opération de la conversion fournit donc :

1° Du sel marin, contenant encore du salpêtre provenant de l'eau-mère. On peut extraire ce salpêtre par le lavage;

2° Du salpêtre provenant des cristallisoirs. Il est impur et renferme les quatre sels de la réaction. Il doit être raffiné;

3° Des eaux-mères saturées de sel marin et de nitrate de potassium.

34. Lavage du salpêtre. — Le salpêtre obtenu dans les cristallisoirs demande à être raffiné; il est placé dans des bacs à laver où on l'arrose avec de l'eau de pluie froide; celle-ci dissout plus facilement les chlorures et le nitrate de sodium que le nitrate de potassium. Nous donnerons les détails plus loin (n° **44**).

35. Chlorure de potassium de l'eau de mer. — L'eau de la mer renferme du chlorure de potassium en assez grande abondance; on peut retirer ce sel par des concentrations et des refroidissements convenables.

36. Chlorure de potassium des varechs. — Les varechs sont des plantes marines exploitées pour le brome et pour l'iode; ils contiennent du chlorure de potassium.

Cinq à six tonnes de varechs donnent une tonne de cendres,

contenant 220 à 260 Kg. de chlorure potassique au titre de 80 %. En Angleterre on traite plus de 15 millions de tonnes de varechs annuellement.

37. Conversion du nitrate de sodium par le carbonate de potassium. — On peut employer dans certaines circonstances le carbonate de potassium. Ce sel provient surtout de l'exploitation des *vinasses de betteraves*. Les betteraves sont pulpées et écrasées pour en exprimer le jus sucré. Le produit solide comprimé ou mélasse de betteraves est soumis à la fermentation et distillé; il produit de l'alcool et un résidu appelé *vinasse de betteraves*. Celle-ci est incinérée dans une espèce de four à réverbère; on obtient ainsi des cendres ou *salins de betteraves* riches en carbonate de potassium. La composition se rapproche de :

Sulfate de sodium	4
Chlorure »	20
Carbonate »	18
» de potassium	32
Matières terreuses	26

Ce salin lavé méthodiquement donne par des cristallisations le carbonate de potassium. La culture de la betterave est extrêmement répandue dans le nord de la France et dans notre pays.

La formule de réaction est :

$$2AzO^3Na + CO^3K^2 = 2AzO^3K + CO^3Na^2.$$
$$100 \quad 81{,}18 \quad 118{,}83 \quad 62{,}35.$$

La méthode est avantageuse à cause du carbonate de sodium qui se forme en même temps que le nitre. Cependant ce procédé n'est pas économique à cause du prix élevé du carbonate de potassium.

38. — On peut encore retirer beaucoup de carbonate de potassium du *désuintage des laines*. La laine brute ou *en suint* contient une matière grasse à odeur forte ou suint, qui est le produit de la transpiration du mouton plus ou moins modifié par les agents extérieurs; c'est un véritable savon de potassium (valérate

de potassium) accompagné d'une matière odorante spéciale. On débarrasse la laine de son suint par des lavages à l'eau tiède additionnée d'un peu de carbonate d'ammonium.

Les eaux de lavage sont évaporées et le résidu est calciné, on obtient un charbon très alcalin dont l'eau sépare du carbonate de potassium presque pur. Le suint de 1000 kilogrammes de laine donne environ 75 kilogrammes de carbonate de potassium. En Belgique, le lavage des laines produit plus de 4 millions de kilogr. de suint.

39. Extraction du salpêtre des sels d'osmose des fabriques de sucre. — M. Faucher, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, constate dans la betterave la présence d'une grande quantité de salpêtre; la teneur moyenne atteint 150 gr. par 100 kilogr. de betteraves.

On ne retrouve pas ce salpêtre dans les salins de betteraves, attendu que, pendant la calcination, il est transformé en carbonate de potasse.

L'osmose permet de retirer le salpêtre du suc sucré des betteraves. L'osmose a pour but d'enlever aux mélasses la majeure partie des sels qu'elles contiennent. Si l'on place une couche de mélasse à sa densité normale (40° B.) au-dessus ou à côté d'une couche d'eau dont elle est séparée par une feuille de papier parchemin, cette feuille de papier, primitivement imperméable aux deux liquides, devient, au contraire, perméable à chacun d'eux lorsqu'ils baignent les deux côtés de la feuille. Il s'établit à travers la feuille de papier parchemin deux courants en sens contraire, l'un allant de l'eau vers la mélasse et l'autre allant de la mélasse vers l'eau.

Le premier courant se nomme *endosmose* et l'autre *exosmose*. Le dernier se charge des sels contenus dans la mélasse et surtout de nitrate de potassium et de chlorure de potassium.

L'osmogène de Dubrunfaut, employé dans les sucreries, se compose d'une série de cadres garnis d'un côté de papier parchemin qui sont réunis (au nombre de 50 environ) de telle manière que l'on peut établir un courant de mélasse dans les cadres de rang pair (par exemple) et un courant d'eau dans les cadres de rang impair. Les

eaux d'exosmose sortent de l'osmogène à 2° ou 3° B. chargées des sels de la betterave.

Ces eaux autrefois non utilisées sont actuellement évaporées à 40° B. et elles cristallisent par refroidissement : elles abandonnent du nitrate et du chlorure de potassium.

Voici la composition des sels (qui du reste est variable) :

Nitrate de potassium	50
Chlorure "	35
Sulfate "	2
Sucre et matières organiques . . .	8
Humidité et insolubles	5
	100

M. Faucher amène ces sels d'osmose à une teneur de 90 à 95 pour 100 de salpêtre par un clairçage à l'eau saturée de salpêtre. Les sels sont placés dans des cuviers où ils restent en imbibition pendant deux heures avec 50 litres d'eau saturée par 100 Kg. de sel. On les verse alors dans le panier d'une turbine et on les essore pendant cinq minutes. Les sels ramenés au fond du panier sont imbibés à nouveau pendant un quart d'heure avec 30 litres d'eau saturée par 100 Kg. de sel, puis turbinés pendant cinq minutes. Enfin on fait une dernière imbibition dans la turbine même, pendant un quart d'heure avec la même quantité d'eau saturée et l'on turbine dix minutes.

M. Faucher estime que l'on pourrait retirer annuellement en France 7,500,000 Kg. de salpêtre des sucreries. (Mémoire original : *Mémorial des poudres et salpêtres*, tome I, p. 262.)

§ 4. — RAFFINAGE DU SALPÊTRE BRUT.

40. — La nature et l'industrie fournissent le salpêtre brut, qui contient des matières terreuses, du nitrate de soude, des chlorures sodique et potassique. Il faut enlever ces substances du nitre destiné à la fabrication de la poudre, à cause de leur hygroscopicité.

Le raffinage comprend les opérations suivantes : 1° la dissolution; 2° le collage; 3° la cristallisation; 4° le lavage des cristaux; 5° le séchage.

41. Dissolution. — Dans une chaudière en cuivre rouge, on introduit 1000 litres d'eau et 1,300 Kg. de nitre, on pousse le feu modérément. Après cinq heures, on ajoute du salpêtre de façon à atteindre le poids total de 3500 Kg.; on agite constamment pour hâter la dissolution et empêcher la formation de croûtes dans le fond de la chaudière. Au bout de quinze à seize heures, l'ébullition commence; on écume de temps en temps, après avoir arrêté l'ébullition par l'addition d'eau froide. Les chlorures se précipitent, on les enlève au moyen d'une écumoire.

42. Collage. — Il a pour but d'enlever les matières albuminoïdes, colorantes, les pailles, etc.; il remplace une filtration.

On dissout un kilogramme de colle forte dans 29 à 30 litres d'eau; on verse la moitié de ce liquide dans la chaudière de raffinage. La gélatine, soluble dans l'eau chaude, se coagule dans la solution salpêtrée et forme une espèce d'éponge, qui, montant peu à la surface, emprisonne dans ses mailles toutes les matières en suspension; un deuxième collage clarifie complètement la masse. Le bain est chaque fois écumé. On laisse ensuite éteindre le feu et les terres lourdes se déposent au fond de la chaudière.

43. Cristallisation. — Le liquide est décanté au moyen de puisards dans des augets de bois recouverts de cuivre qui le conduisent dans des cristallisoirs. Ceux-ci sont des espèces de vases plats en cuivre de 5 à 6 mètres de longueur et de 3 à 4 mètres de largeur, avec de larges rebords en bois. Le fond n'est pas horizontal, il est composé de deux plans légèrement inclinés qui se coupent suivant une arête centrale arrondie parallèle aux longs côtés du cristallisoir; cette arête a elle-même une légère inclinaison; à son point le plus bas se trouve un trou fermé au moyen d'une bonde.

La liqueur salpêtrée chaude se refroidit rapidement au contact des parois du cristallisoir et de l'air ambiant, elle laisse précipiter le nitrate de potassium; des ouvriers remuent énergiquement le liquide au moyen de rabloires (espèces de râteaux sans dents et à longs

manches) dans le but d'obtenir de petits cristaux ; ils sont ramenés sur les bords du cristallisoir où ils s'égouttent. La cueillette des cristaux est arrêtée lorsque le liquide est arrivé à la température ambiante. L'eau-mère est évacuée dans des citernes en enlevant la bonde.

44. Lavage des cristaux. — Il a pour but d'enlever au salpêtre des cristallisoirs les dernières traces des sels hygroscopiques qui le souillent encore. Remarquons que le salpêtre potassique est beaucoup moins soluble dans l'eau froide que les chlorures et le nitrate sodique. En faisant passer de l'eau pure en quantité limitée sur le salpêtre, cette eau se charge de préférence des sels étrangers.

Le lavage s'opère dans des bacs à laver ; ce sont des caisses en bois à parois un peu inclinées ; leur hauteur est de $1^{m}80$, leur largeur en haut $1^{m}45$, en bas $1^{m}20$, leur longueur $2^{m}50$. Le bac possède deux fonds : celui d'en dessous est plein ; l'autre, placé à $0^{m}25$ plus haut, est percé de trous ; le salpêtre peut ainsi s'égoutter dans l'espace qui sépare les fonds, et le liquide s'écoule par des trous percés dans la paroi de devant et se rend dans les citernes. Ces trous peuvent être fermés par des chevilles.

On procède à deux lavages :

1er lavage. — On arrose le salpêtre déposé dans les caisses à laver avec de l'eau de pluie à raison de 450 kilogrammes d'eau pour 3600 kilogrammes de salpêtre ; deux ou trois heures après l'arrosage, on ôte les chevilles des caisses pour en faire écouler l'eau dans un réservoir et on laisse égoutter pendant plusieurs heures.

2e lavage. — On procède comme ci-dessus et on laisse égoutter pendant 4 ou 5 jours.

Les eaux-mères provenant du premier lavage sont employées plus tard à l'alimentation d'une chaudière de rebouillage (voir le traitement des eaux-mères n° **47**) ; celles du deuxième étant saturées de salpêtre sont réservées à la dissolution du salpêtre brut du brassin suivant.

Lorsque le salpêtre est lavé, il est analysé.

45. Le séchage. — On dispose sur trois séchoirs environ 200 kilogrammes (par séchoir) de salpêtre en couche de 3 à 4 centimètres, on concasse les grumeaux à la pelle et au besoin à l'aide de cylindres cannelés.

Le séchoir consiste en un bac plat formé de feuilles de cuivre, disposé sur des carnaux et chauffé par la chaleur perdue des chaudières de rebouillage. Le nitre est enfin tamisé.

46. Produits du raffinage. — 1° Du salpêtre raffiné; 2° des eaux de cristallisation qui doivent être traitées plus tard; 3° des eaux de lavage saturées de salpêtre et à employer dans les raffinages suivants; 4° des écumes, boues, dépôts et balayures d'ateliers.

47. Traitement des eaux-mères. — On emploie de petites chaudières, dites *de rebouillage*, une grande chaudière de raffinage avec chaudron en cuivre suspendu au moyen d'une chaîne et d'une poulie, des paniers en osier, des rafraîchissoirs, des bassines à main, des écumoires et autres menus ustensiles.

On concentre les eaux-mères, dites de *première cuite*, dans une chaudière de rebouillage; par des additions et des évaporations successives on enlève les écumes de la surface et on retire de temps en temps les chlorures qui se précipitent au fond; on les dépose pour les laisser égoutter dans les paniers d'osier placés sur une traverse en bois au-dessus et un peu sur le côté de la chaudière.

Après l'évaporation d'un volume d'eau double de celui qui reste dans la chaudière, on verse la liqueur, au moyen d'une bassine, dans un rafraîchissoir (cuve cylindrique, n° **48**, nota), où on laisse cristalliser par refroidissement; après quelques jours, on décante l'eau surnageante, que l'on désigne par *eau de deuxième cuite*, puis on laisse égoutter les cristaux dans des paniers d'osier.

On concentre l'eau de deuxième cuite et on la traite de la même manière que ci-dessus. On traite de même l'eau de troisième cuite et toutes les eaux-mères.

Les cristaux retirés de ces diverses opérations sont incorporés aux salpêtre brut, lors du commencement d'une nouvelle opération de raffinage.

Lorsqu'on a de grandes quantités d'eau de troisième cuite, il est plus économique de la concentrer dans une grande chaudière de raffinage; on peut y ajouter les eaux de lavage obtenues, comme il sera indiqué plus loin, par le traitement des boues, des écumes et des balayures d'ateliers. Pendant la concentration de ces eaux, un

petit chaudron en cuivre, suspendu à une pièce de charpente, est plongé au centre de la masse liquide; il sert à recueillir les matières que le mouvement de l'ébullition amène de la circonférence au centre. Ce chaudron est maintenu en place au moyen de deux ringards mis en croix sur les bords de la chaudière; il est vidé toutes les trois heures dans une futaille remplie aux trois quarts d'eau. Par le repos, le contenu de la futaille se divise en deux; l'eau surnageante est reversée dans la chaudière et les impuretés solides sont jetées en trois tas.

On concentre la liqueur de la chaudière jusqu'au tiers de son volume; on enlève les chlorures qui se précipitent et, enfin, on transvase la liqueur concentrée dans des rafraîchissoirs, où on laisse cristalliser lentement le salpêtre.

Les produits du traitement des eaux-mères sont :

1° Du salpêtre brut en cristaux à remettre au raffinage avec le salpêtre ordinaire;

2° Des eaux à traiter comme plus haut;

3° Des écumes, boues, balayures à traiter comme il va être indiqué;

4° Du sel marin à jeter en tas.

48. Traitement des écumes, boues, balayures. — Elles sont jetées dans une grande cuve en bois remplie d'eau; on laisse reposer, on décante les eaux surnageantes à mesure qu'elles deviennent claires et on les verse dans la petite chaudière de rebouillage pour être traitées comme eaux-mères, ou bien dans la grande chaudière de raffinage avec les eaux de troisième cuite (lorsqu'il y en a beaucoup).

Les produits sont :

1° Des eaux plus ou moins chargées de salpêtre;

2° Des boues à jeter en tas;

3° Du sel marin à jeter en tas.

Nota. — Les chaudières de rebouillage sont semblables aux grandes chaudières de raffinage :

Diamètre supérieur	$1^{m}50$.
Profondeur	$1^{m}10$.

Le rafraîchissoir est une cuve cylindrique en cuivre :

Hauteur	1^m00.
Diamètre	1^m50.

49. Degré de raffinage. — Anciennement le nitre devait être raffiné au $\frac{1}{3000}$ en Belgique. Actuellement, le règlement exige que le nitre, retiré de la poudre par lavage à l'eau distillée, ne renferme pas plus de $\frac{1}{8000}$ de chlorures; cette condition oblige le raffinage du salpêtre au $\frac{1}{12000}$.

§ 5. — ANALYSE DU SALPÊTRE.

50. Dosage du salpêtre brut. — Ce dosage a pour but de rechercher combien de salpêtre réel est contenu dans un poids donné de salpêtre brut offert en vente.

51. Procédé Pelouze. — Ce procédé est basé sur les reactions suivantes :

1° $6Fe + 12HCl = 6FeCl^2 + 6H^2$;

2° $6FeCl^2 + 2KAzO^3 + 8HCl = 4H^2O + 2KCl + 3Fe^2Cl^6 + (AzO)^2$.

Le calcul des poids atomiques, fait au moyen de ces formules, nous apprend que 2 grammes de fer pur, dissous dans de l'acide chlorhydrique, sont transformés intégralement en chlorure ferrique par 1 gr. 204 de salpêtre chimiquement pur.

Il est évident que si, au lieu d'employer 1 gr. 204 de nitre chimiquement pur, on fait usage du même poids de salpêtre impur, il restera dans le liquide de la réaction une certaine quantité de chlorure ferreux non transformé, qu'on pourra doser au moyen de permanganate de potassium titré.

Par une soustraction, on obtiendra le poids de chlorure ferreux transformé en chlorure ferrique et enfin une simple proportion donnera le salpêtre correspondant.

On fait usage du ballon d'une contenance d'environ 30 cc. bien sec et fermé par un bouchon en caoutchouc à trois trous. Dans le

premier trou passe un tube courbé à angle droit qui amène vers le fond du ballon un courant d'hydrogène purifié par de la potasse caustique; pour cela, le gaz passe dans un tube en U renfermant la potasse en petits morceaux. Dans le second trou passe un tube pour l'évacuation des gaz; il communique avec un tube en U renfermant un peu d'eau qui joue le rôle d'obturateur mobile. On peut aussi faire plonger ce tube dans un verre à expériences contenant de l'eau alcalinisée pour absorber plus tard les vapeurs incommodes d'acide chlorhydrique.

Dans le trou du milieu passe un entonnoir à robinet à longue tige à bout effilé, lequel est arrêté vers le centre du ballon. Au lieu d'un entonnoir à longue tige et robinet, on emploie souvent un simple tube de verre relié à un entonnoir ordinaire par un tube en caoutchouc qui peut être serré au moyen d'une pince à vis.

On pèse à la balance de précision 2 grammes de fil de fer de clavecin nettoyé au papier émeri, puis poli avec du papier à filtrer; on introduit le fer dans le ballon bien séché, puis le bouchon muni de ses tubes est mis en place. On fait passer le courant d'hydrogène de manière à priver tout l'appareil de l'air atmosphérique; le robinet de l'entonnoir sera ouvert un instant, puis fermé. Il est important, en effet, d'empêcher l'action de l'air sur le chlorure ferreux qui va prendre naissance dans un moment.

On introduit ensuite dans l'entonnoir 40 à 50 cc. d'acide chlorhydrique concentré, en ayant soin préalablement de soulever le tube à entonnoir, pour que son extrémité inférieure ne plonge pas dans le liquide. Le robinet est ouvert avec précaution et on laisse couler peu à peu l'acide dans le ballon jusqu'à dissolution complète du fer. Il faut toujours laisser un peu d'acide dans l'entonnoir, afin que l'air ne puisse s'introduire dans l'appareil. La dissolution est rendue plus active à la fin par une chauffe modérée.

Pendant ce temps on dissout dans un peu d'eau distillée $1^{gr}204$ du salpêtre brut à essayer tel quel; cette liqueur est versée dans l'entonnoir, mais seulement quand tout le fer est dissous; on ouvre le robinet et le liquide salpêtré est introduit en partie dans le ballon; on ferme le robinet dès que le liquide va le dépasser; on lave le vase

qui a contenu le salpêtre, avec un peu d'eau distillée qu'on reverse dans l'entonnoir; en définitive, on fait en sorte que tout le salpêtre pénètre dans le ballon sans y laisser pénétrer de l'air. On lave une dernière fois l'entonnoir avec de l'acide chlorhydrique fumant, qu'on introduit dans le ballon, avec la précaution connue. On porte le ballon, maintenant rempli à moitié, à une ébullition très modérée; on chauffe jusqu'à ce que la couleur très foncée du liquide (par suite de l'absorption du bioxyde d'azote) ait pris la couleur rubis du perchlorure de fer; c'est un point très important à réaliser. Le bioxyde d'azote doit être absolument expulsé. Il faut éviter une ébullition trop vive, qui occasionne un dépôt de sel solide sur les parois du ballon.

La réaction étant achevée, on laisse refroidir, on active le passage de l'hydrogène pour empêcher la rentrée de l'air, on étend d'eau distillée privée d'air par l'ébullition. Le tout est versé, sans rien perdre, dans un grand vase à précipités, on étend encore fortement d'eau distillée fraîchement bouillie, et on dose de suite dans ce liquide le chlorure ferreux au moyen de permanganate de potassium titré.

Le principe sur lequel repose l'emploi du permanganate de potassium, connu aussi sous le nom de *caméléon*, est indiqué par la formule suivante :

$$2MnO^4K + 10FeCl^2 + 12HCl = 2KCl + 6H^2O + 2MnO + 5Fe^2Cl^6.$$

Le caméléon transforme, comme on le voit, le chlorure ferreux en chlorure ferrique. Ce corps rouge-violet a un grand pouvoir colorant; lorsqu'on verse goutte à goutte de sa solution aqueuse dans de l'eau qui renferme du chlorure ferreux, il se décolore instantanément; il faut avoir soin d'ajouter un peu d'acide sulfurique pour dissoudre l'oxyde manganeux (MnO), précipité ocreux, qui diminuerait la netteté de l'apparition de la couleur rose, laquelle est l'indice de la fin de l'oxydation.

Une seule goutte de caméléon en excès suffit pour teindre en rose permanent la solution de fer perchloruré.

Pour opérer le titrage, on dissout 5 grammes de caméléon dans un litre d'eau distillée, on mélange bien et on remplit de la liqueur rose une burette à robinet graduée en $\frac{1}{10}$ de cc. On met à niveau au zéro. Il faut éviter les burettes à pince de Mohr, dont le caoutchouc altère le permanganate.

D'autre part, on dissout, dans un ballon privé d'air, $0^{gr}2$ de fil de clavecin au moyen de l'acide chlorhydrique, on dilue fortement avec de l'eau distillée fraîchement bouillie, on ajoute quelques centimètres cubes d'acide sulfurique, puis on laisse couler goutte à goutte la solution du caméléon ; on agite avec une baguette de verre ; la décoloration, instantanée dans le principe, devient de plus en plus lente et le liquide prend enfin une teinte rose permanente ; on ferme le robinet, on lit sur la burette le nombre de centimètres cubes de caméléon employés et on a ainsi le titre qui doit se rapprocher de 25 cc. Ce titre reste constant pendant un temps assez long, on l'inscrit sur l'étiquette du flacon.

Au lieu de procéder comme nous venons de l'indiquer, il est plus simple de faire usage du sulfate double de fer et d'ammonium ($SO^4Fe,SO^4(AzH^4)^2,6H^2O$) qui, contrairement au chlorure ferreux, se conserve bien à l'air ; ce sel renferme exactement $\frac{1}{7}$ de son poids de fer métallique.

On dissoudra donc $7 \times 0^{gr}2$ de sulfate double dans de l'eau distillée bouillie, et on opérera le titrage (après addition d'un peu d'acide sulfurique) comme nous l'avons indiqué précédemment. Le résultat sera exactement le même.

Le titre étant ainsi obtenu, on recherche, dans le liquide du ballon, la quantité de chlorure ferreux qu'il contient et l'on suivra exactement le procédé du titrage.

Supposons qu'il faille a centimètres cubes ; si le titre du caméléon est t, on aura :

$$\frac{0,2}{t} = \frac{x}{a}; \quad \text{d'où } x = 0,2 \times \frac{a}{t}.$$

Voilà la quantité de fer sous forme de chlorure ferreux qui a échappé à l'action du nitre à essayer.

Donc : $2 - 0^{gr}2 \times \frac{a}{t}$ sera la quantité de fer qui a été perchloruré par $1^{gr}204$ de nitre impur. Or, si 2 grammes de fer sont perchlorurés par $1^{gr}204$ de nitre chimiquement pur; $2 - 0,2 \times \frac{a}{t}$ grammes de fer seront perchlorurés par :

$$1,204 \left(\frac{2 - 0,2 \frac{a}{t}}{2} \right),$$

ou bien, en réduisant en centièmes :

$$1,204 : 1,204 \left(\frac{2 - 0,2 \frac{a}{t}}{2} \right) = 100 : x \text{ ou } x = \left(100 - 10 \frac{a}{t}\right) \%.$$

Il faut, pour que cette méthode donne de bons résultats, que le salpêtre ne renferme aucune substance organique susceptible d'être oxydée par le permanganate de potassium.

52. Dosage de l'azote nitrique par le protosulfate de fer. — La méthode Pelouze par le chlorure ferreux donne des résultats très variables.

M. Bailhache propose le sulfate ferreux en solution fortement acidulée par SO^4H^2 : 1° on évite ainsi les pertes de fer par volatilisation contre les parois surchauffées du ballon, cas qui se présente quelquefois dans l'emploi du chlorure; 2° la solution sulfurique de sulfate ferreux bouillant à une température plus élevée, on parvient à chasser plus rapidement la totalité de bioxyde d'azote.

L'appareil consiste en un matras de 250^{cc} avec bouchon à deux trous. Un tube de 5 à 6 centimètres effilé en haut, le second descend presqu'au fond, muni d'un entonnoir à robinet, de forme cylindrique de 35 à 40^{cc} de capacité. Cet entonnoir sert à introduire le nitrate et, au commencement et à la fin, une solution de bicarbonate Na dont le CO^2 chasse l'air et à la fin expulse les dernières traces de NO.

Liqueurs nécessaires :

1° Liqueur de sulfate ferreux, contenant par litre 100^{gr} SO^4Fe et 75^{cc} SO^4H^2 monohydraté.

2° Liqueur de bichromate K à 17gr85 de bichromate par litre.

3° Liqueur titrée de nitrate Na à 50gr de ce sel sec et pur par litre.

4° Une solution saturée de bicarbonate Na.

Mode opératoire. — Introduire dans le ballon 50cc de la liqueur de SO^4Fe et environ 25cc SO^4H^2 monohydraté. Agiter, mettre en place le bouchon avec tubes. Disposer sur un bain de sable. On verse dans l'entonnoir 35cc de solution de bicarbonate. On introduit peu à peu. Avant que tout ne soit écoulé, on introduit 10cc de la solution titrée de nitrate Na. A ce moment, on doit porter toute son attention sur la continuité de l'ébullition et le dégagement régulier de AzO qui ne doit jamais devenir tumultueux ni s'arrêter, si toutefois le robinet est bien réglé.

A mesure que la liqueur s'écoule, le contenu du ballon brunit de plus en plus, avant que l'entonnoir soit vide on ferme le robinet. Quand la teinte brun foncé de la liqueur a disparu, on introduit dans l'entonnoir 25cc de bicarbonate qu'on fait couler lentement, puis on retire du feu, le robinet ayant été fermé. On laisse refroidir et l'on complète après lavage le volume avec de l'eau distillée, on agite et on titre le fer non peroxydé par la solution de bichromate. Voici des résultats :

	Procédé		
	Schloesing	au sulfate	chiffre théorique.
NO^3Na pur (N %)	16,45	16,45	16,47
NO^3Na commercial	15,80	15,55	
»	15,40	15,45	
»	15,65	15,60.	

53. Méthode Schloesing. — Le principe de cette méthode est le même que celui dont on fait usage dans le procédé Pelouze, seulement on mesure le volume V′ du bioxyde d'azote dégagé par un poids déterminé de nitre à essayer, et on le compare au volume V dégagé par un même poids de nitre chimiquement pur, traité dans les mêmes conditions. L'opération n'est pas influencée dans son exactitude par la présence de matières organiques.

L'appareil dont nous avons fait usage dans la méthode Pelouze

peut servir. Il suffira de fermer le tube d'arrivée du gaz hydrogène au moyen d'un tube en caoutchouc, bouché avec un morceau d'agitateur. Le tube de dégagement du gaz est remplacé par un tube propre à recueillir le bioxyde d'azote dans une cloche graduée et plié suivant l'usage. La portion horizontale inférieure du tube est assez longue et plonge dans l'eau froide d'une cuvette plate de verre ou de porcelaine. Il est bon que ce tube de dégagement soit formé de plusieurs pièces réunies par de bons tubes de caoutchouc, afin de lui enlever de sa raideur; il est même prudent, pour éviter des absorptions, de munir un de ces bouts de caoutchouc d'une pince de Mohr; on peut ainsi, à un moment donné, isoler le ballon de l'eau de la cuvette.

La première opération à exécuter, c'est de purger l'appareil de tout l'air qu'il renferme. On introduit dans le ballon, par l'entonnoir, 40 à 50 cc. d'une solution saturée de chlorure ferreux, puis une égale quantité d'acide chlorhydrique. On ferme le robinet au moment où l'entonnoir va se vider, puis on chauffe à l'ébullition. Lorsque la colonne liquide, qui se meut dans la partie horizontale du tube de dégagement, ne se sépare plus par des bulles gazeuses, on est certain que tout l'air est chassé. On continue l'ébullition jusqu'à la fin de l'analyse.

On dispose la cloche à gaz remplie d'eau au-dessus de l'extrémité du tube de dégagement. Cette cloche est graduée en 100 cc. et en dixièmes. Au moyen d'une pipette graduée, on laisse couler dans l'entonnoir 5 cc. d'une liqueur-type de salpêtre, obtenue en dissolvant 80 grammes de nitre chimiquement pur fondu, dans un demi-litre d'eau, et en complétant à 1000 cc. On pourait aussi dissoudre 100 grammes de salpêtre de façon à faire 1000 cc. de liqueur et n'en prendre que 4 cc. Quoi qu'il en soit, la dose de salpêtre introduite dans l'entonnoir est de $0^{gr}4$, elle est évacuée dans le ballon par le jeu du robinet. Celui-ci doit être manié comme dans la méthode Pelouze, de façon à empêcher l'entrée de l'air qui causerait instantanément la transformation du bioxyde d'azote en peroxyde et l'opération devrait être recommencée. Il faut donc toujours conserver un peu de liquide au-dessus du robinet.

On rince à plusieurs reprises l'entonnoir avec de l'eau distillée, afin d'être certain que tout le salpêtre a pénétré dans le ballon. Ces liquides froids doivent être introduits goutte à goutte afin d'éviter l'absorption du liquide de la cuvette. Si, dans le cours du dégagement, la quantité de liquide du ballon devient trop faible, on peut parfaitement faire pénétrer de l'eau par l'entonnoir.

Le dégagement de bioxyde d'azote commence aussitôt après l'introduction du salpêtre; on recueille environ 95 cc. Lorsque le gaz cesse d'arriver, on enlève la cloche en fermant l'extrémité inférieure avec le pouce et on la plonge dans une longue éprouvette à pied remplie d'eau. On ne mesure pas le volume immédiatement afin que le gaz ait le temps de prendre la température ambiante.

Tenant alors la partie supérieure de la cloche au moyen d'une pince en bois, on la soulève jusqu'à ce que l'eau qu'elle renferme soit au même niveau que le liquide de l'éprouvette, on lit le volume Vcc. Il ne faut pas tenir la cloche avec les doigts, afin d'éviter la dilatation du gaz.

On recommence aussitôt un essai avec une liqueur renfermant 80 grammes au litre, du nitre brut à doser. L'ébullition du ballon n'ayant pas cessé et la quantité de chlorure ferreux qu'on y a introduit dans le principe étant suffisante pour une dizaine d'analyses, il suffit de disposer la cloche comme précédemment et de verser dans l'entonnoir 5 cc. de la nouvelle liqueur salpêtrée. On obtient un nouveau volume V'cc. On a ainsi la proportion :

$$\frac{V}{V'} = \frac{0^{gr}4}{x}, \text{ d'où } x = 0^{gr}4\,\frac{V'}{V}, \text{ quantité de salpêtre réel}$$

contenu dans $0^{gr}4$ de salpêtre brut ou en centièmes :

$$x = 100\,\frac{V'}{V}\ \%.$$

Les opérations se suivent rapidement, elles se font dans les mêmes conditions de température, de pression atmosphérique, etc.; il est donc inutile de tenir compte de ces variables.

Une condition essentielle à observer, c'est que la liqueur-type et

la liqueur d'essai soient bien à la même température, sinon la pipette de 5 cc. ne donnerait pas le même volume, et partant, le même poids des sels dissous. Il faut aussi que les 5 cc. de solution salpêtrée soient mesurés avec une grande précision; une goutte en plus ou en moins peut donner lieu à une grosse erreur; on pourrait employer plus de 5 cc. avec une solution salpêtrée plus diluée ou même 5 cc. avec une solution moins riche.

Dans le cas d'un nitre sodique, la liqueur-type et la liqueur d'essai contiendront 66 grammes de sel au litre.

Nota. — Les trois méthodes précédentes sont basées sur des réactions produites, en dernière analyse par l'acide azotique et non pas par la base potassique ou sodique. Elles ne peuvent donc permettre l'analyse de mélanges de nitrates.

Analyse d'un salpêtre brut.

Le but est de chercher les matières étrangères qui souillent le nitre.

54. Dosage de l'eau. — On pèse un poids donné de salpêtre dans une capsule de platine, on chauffe modérément d'abord, puis plus fort jusqu'à commencement de fusion. La perte de poids donne l'humidité du nitre.

Si celui-ci contenait des matières organiques, elles fausseraient le résultat en se volatilisant. Il faut dans ce cas chauffer à l'étuve à 110° jusqu'à ce que deux pesées consécutives soient identiques.

55. Dosage des matières insolubles dans l'eau. — On dissout 100 grammes de salpêtre sec dans de l'eau distillée chaude. S'il se forme un dépôt, on filtre le liquide sur un filtre double que l'on fabrique comme suit : on équilibre à la balance de précision deux filtres ronds du même paquet en les rognant aux ciseaux. On les transforme en filtres sans plis et on les introduit l'un dans l'autre. Le liquide est filtré, le dépôt est lavé à l'eau distillée, puis séché à 110°. Enfin les filtres sont séparés, remis à la balance et l'équilibre est rétabli avec des poids marqués qui représentent la proportion °/₀ des matières insolubles dans l'eau.

56. Dosage du chlore. — On peut faire usage de deux méthodes : 1° le dosage par précipitation du chlore sous forme de chlorure d'argent ; 2° le dosage volumétrique au moyen d'une solution titrée d'azotate d'argent.

57. 1° Méthode par précipitation. — Le liquide de la filtration des matières insolubles dans l'eau peut servir ; on sait combien il contient de salpêtre et à quel poids de salpêtre brut il correspond ; on en fait un volume déterminé V en ajoutant de l'eau distillée, on fait le dosage sur une partie mesurée du liquide précédent, soit sur Ncc. On acidule avec de l'acide azotique, puis on ajoute une solution de nitrate d'argent en excès, qui précipite le chlore sous forme de chlorure d'argent. Lorsque les liquides contiennent fort peu de chlore, le précipité est d'une ténuité telle, qu'il passe au travers du filtre. Dans le but d'augmenter la grosseur des molécules, il faut acidifier par l'acide azotique, chauffer à 70° c. et secouer énergiquement pendant un temps assez long. Lorsque le précipité est bien rassemblé, on filtre et on lave jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule, ne rougisse plus le papier de tournesol.

On est certain d'avoir employé un excès d'azotate d'argent en mêlant une goutte du liquide recueilli *neutralisé*, avec une goutte de chromate neutre de potassium, qui doit donner un précipité rouge de chromate d'argent.

La liqueur est neutralisée par l'eau de chaux. On précipite l'excès de chaux par barbotement de CO^2 puis on fait bouillir pour précipiter le bicarbonate et on filtre. On agit plus rapidement en mêlant une goutte du liquide filtré tel quel avec une goutte de solution de sel marin sur une surface noire. Il doit se former un précipité blanc de chlorure d'argent.

Le filtre est séché à l'étuve, le chlorure d'argent est détaché le mieux possible et le filtre est incinéré à part dans une capsule de platine tarée. On verse sur les cendres *une goutte* d'acide nitrique, pour transformer l'argent métallique provenant de la réduction du chlorure d'argent par le charbon du filtre, en azotate d'argent, puis *une goutte* d'acide chlorhydrique pour le transformer en chlorure. Il ne faut pas employer plus d'une goutte des deux acides, un volume

plus grand humecterait la capsule de platine qui serait attaquée par l'eau régale formée. On chauffe un peu pour chasser les acides et on ajoute le chlorure d'argent qui avait été détaché du filtre; on porte au commencement de fusion, on laisse refroidir et on pèse. Le poids obtenu multiplié par 0,24723 donne la quantité de chlore, qu'on transforme facilement en chlorure de sodium.

Il faut observer que toutes les opérations précédentes doivent se faire à la flamme jaune du gaz ou du pétrole, le chlorure d'argent se décomposant rapidement à la lumière solaire. Le chlorure d'argent fondu adhère fortement à la capsule de platine; on le détache facilement en le mouillant avec un peu d'acide chlorhydrique dans lequel on plonge un petit bâton de zinc; celui-ci réduit le chlorure en quelques minutes. On doit aussi avoir soin d'employer des filtres bien exempts d'acide chlorhydrique; il sera prudent de les laver avec de l'eau distillée avant de commencer la filtration.

58. 2° Méthode par voie volumétrique. — Au moyen de la formule de réaction :

$$\underset{169,94}{AzO^3Ag} + \underset{58,5}{NaCl} = AzO^3Na + AgCl$$

il est facile de composer les liqueurs titrées qu'il faut employer.

Le calcul par les poids atomiques indique qu'il faut mettre en présence $169^{gr}94$ d'azotate d'argent ou $107^{gr}93$ d'argent métallique transformé en azotate et $58^{gr}5$ de sel marin, contenant $35^{gr}45$ de chlore, pour avoir une réaction complète.

On nomme *liqueur normale* celle qui renferme par litre le poids moléculaire d'une substance évalué en grammes. La liqueur est dite *déci-normale* quand elle contient au litre $\frac{1}{10}$ du poids de la molécule évalué en grammes. Nous allons faire usage de deux liqueurs déci-normales.

Pour les obtenir, nous dissoudrons dans un peu d'eau distillée $16^{gr}994$ d'azotate d'argent chimiquement pur fondu et nous compléterons à 1000 cc. avec de l'eau distillée.

On peut aussi dissoudre $10^{gr}79$ d'argent métallique chimiquement pur (il provient de la réduction du chlorure d'argent) dans un peu

d'acide nitrique pur, on évapore à siccité au bain-marie, ensuite au bain de sable jusqu'à commencement de fusion pour chasser l'acide, on reprend par l'eau et on complète à 1000 cc. Ces deux liqueurs sont identiques, elles doivent être neutres.

D'autre part, on fait une solution aqueuse contenant $5^{gr}84$ de sel marin chimiquement pur fondu au litre.

De cette façon, en opérant avec soin, on a deux liqueurs équivalentes, c'est-à-dire que 1 cc. de l'une précipite exactement 1 cc. de l'autre.

Il faut s'assurer qu'il en est bien ainsi en recherchant l'équivalence des deux réactifs. Pour cela, on remplit exactement au zéro deux burettes graduées. On laisse couler dans une capsule de porcelaine, 10 cc. de la solution de sel marin, on ajoute quelques gouttes d'une solution concentrée de chromate neutre de potassium bien exempt de chlore pour jaunir le liquide, puis goutte à goutte et en remuant sans cesse, on laisse écouler la solution argentique. Chaque goutte qui tombe donne lieu à un précipité rouge de chromate d'argent, mais qui disparaît immédiatement tant qu'il reste du sel marin en liberté. Enfin l'essai est terminé lorsqu'une dernière goutte donne au liquide une coloration rouge permanente.

Il est inutile de pousser au rouge, la couleur vire du jaune au rouge en passant par une couleur isabelle ; on peut s'arrêter à celle-ci.

Si l'on craignait d'avoir ajouté trop d'argent, ce qui produirait une couleur rouge trop accentuée, on ajouterait 1 cc. de la solution de sel marin et l'on recommencerait à verser l'azotate d'argent avec plus de précaution. On fera ensuite la correction en retranchant du nombre de centimètres cubes primitivement employé le volume nouveau de nitrate d'argent ajouté.

La fin de l'opération se distingue mieux à la lumière du gaz, parce que le liquide jaune paraît alors d'un blanc pur. On peut cependant opérer d'une façon précise en plein jour aussi bien qu'à la lumière du gaz, en regardant au travers d'un verre enduit de gélatine blanche, teinte avec un peu de chromate neutre de potassium, ou en faisant usage d'un verre jaune citrin.

Si les solutions sont bien faites et les produits chimiquement purs, l'équivalence sera exacte.

Comme la solution argentine ne se conserve pas très bien, on doit de temps en temps la titrer et on inscrit le titre avec la date du titrage, sur l'étiquette du flacon. Les températures des deux liqueurs titrées doivent être les mêmes. Ces flacons sont conservés l'un à côté de l'autre dans l'armoire aux réactifs.

Pour doser maintenant le chlore dans un nitre, on dissout 10, 20, 30, etc. grammes de ce sel dans l'eau distillée, on ajoute quelques gouttes de chromate neutre de potassium et on verse de la solution argentique jusqu'à la coloration rougeâtre adoptée dans le titrage.

Supposons que 10 cc. de la solution de sel marin correspondent à $10^{cc}2$ de la solution argentique; que l'essai de 10 grammes de salpêtre ait nécessité 2 cc., on aura :

$10^{cc}2 : 0{,}0584 = 2 : x$ d'où $x = 0{,}01145$ grammes de sel marin.

Le nitre contient donc 0,1145 % de sel marin.

Remarque. — D'après Post, le dosage de NaCl dans le salpêtre ne doit pas se faire volumétriquement parce qu'en présence d'un grand excès de KNO^3, la réaction finale ne peut être facilement aperçue et n'apparaît distinctement que lorsqu'on a ajouté un excès de solution d'argent; on trouve ainsi trop de chlore.

Il vaut mieux suivre la méthode pondérale et traiter 250 à 300 gr. de salpêtre.

59. Dosage de la chaux et de la magnésie. — Ces deux bases forment les azotates de calcium et de magnésium, qu'on trouve quelquefois en abondance dans le nitre des plâtras.

On dissout un poids de nitre dans de l'eau distillée; on filtre s'il est nécessaire, on ajoute de l'ammoniaque bien exempte d'acide carbonique. S'il se forme un précipité de magnésie, on ajoute du chlorure d'ammonium jusqu'à ce que la liqueur devienne limpide; on précipite alors la chaux par un excès d'oxalate d'ammonium (faire bouillir un instant pour rassembler le précipité), on laisse reposer dans un endroit un peu chaud pendant quelques heures. Le liquide est filtré au travers d'un double filtre équilibré, le précipité est lavé et séché à 110°; on porte les deux filtres à la balance, l'un d'un côté, le second de l'autre, et on équilibre par des poids. La

composition du précipité est C^2O^4Ca, H^2O; son poids multiplié par 0,38356 donne l'oxyde de calcium, avec lequel on calculera l'azotate de calcium. Il suffira pour cela de multiplier le poids de l'oxyde de calcium par 2,9285.

$$C^2O^4Ca,\ H^2O \times 0{,}38356 = CaO.$$
$$CaO \times 2{,}9285 = (AzO^3)^2Ca.$$
$$C^2O^4Ca,\ H^2O \times 1{,}1232 = (AzO^3)^2Ca.$$

Ordinairement, on enlève le précipité du filtre qu'on calcine à part, l'oxalate est chauffé au rouge avec les cendres du filtre dans un creuset de platine pesé, jusqu'à sa transformation en carbonate de calcium. Comme celui-ci est toujours un peu mêlé d'oxyde de calcium, on ajoute quelques gouttes de carbonate d'ammonium qui retransforme l'oxyde en carbonate; on volatilise l'excès du carbonate ammonique par une chauffe prudente. On repèse.

Afin d'éviter l'emploi du carbonate d'ammonium, on peut calciner l'oxalate au rouge blanc au moyen du chalumeau pendant un temps assez long. On obtient alors de l'oxyde de calcium.

Cependant, l'expérience a appris que l'oxalate de calcium a une composition constante, et l'on arrive à de bons résultats et plus rapidement, en employant la méthode du double filtre.

60. Dosage de la magnésie. — Dans le liquide filtré, on précipite la magnésie par le phosphate de sodium en excès; on agite avec une baguette de verre en ayant soin de ne pas toucher les parois du vase, sinon le précipité adhère énergiquement aux endroits heurtés. On laisse reposer douze heures dans un endroit tiède; on filtre et on lave avec de l'eau ammoniacale (trois parties d'eau plus une partie d'ammoniaque), jusqu'à ce que les liquides qui passent ne se troublent plus par le nitrate d'argent. On sèche le filtre, on le débarrasse du précipité qu'on calcine au rouge sombre pendant assez longtemps, puis au rouge vif. Le filtre est incinéré à part, les cendres sont réunies au précipité, on chauffe encore une fois au rouge et on pèse après refroidissement sous le dessiccateur. On obtient du pyrophosphate de magnésium $Ph^2O^5,2MgO$, dont le poids

multiplié par 0,36036 donne 2MgO, avec lequel on calculera l'azotate (multiplier MgO par 3,702) :

$$Ph^2O^5,2MgO \times 0,36036 = 2\,MgO.$$
$$MgO \times 3,7 = (AzO^3)^2Mg.$$
$$Ph^2O^5,2MgO \times 0.6666 = (AzO^3)^2Mg.$$

61. Azotate de sodium. — La grande ressemblance chimique du nitrate de potassium et du nitrate de sodium rend le dosage de ce dernier très difficile.

On peut rechercher ce corps au microscope d'après la méthode de Nœllner. On expose le salpêtre à l'air humide sous une cloche pendant quelques heures, pour concentrer l'azotate de sodium dans le plus petit volume de liquide possible ; ce sel entre en déliquescence et peut alors être déplacé sur un entonnoir avec un peu d'eau. On évapore la lessive, on laisse cristalliser et on expose de nouveau la masse saline à l'air humide, pour provoquer une seconde fois la déliquescence du nitre sodique ; on lessive et on agit ainsi jusqu'à ce que l'on ait obtenu une solution très riche de ce sel, qu'on laisse cristalliser.

Le salpêtre sodique cristallise en rhomboèdres qu'on distingue facilement des cristaux prismatiques du salpêtre potassique. Les chlorures de sodium et de potassium qui entrent en déliquescence dans les conditions de l'essai, donnent des cubes en trémies que l'on distingue très nettement si l'on emploie le microscope à polarisation.

Essai du nitre raffiné.

62. — D'après les règlements militaires pour la réception des poudres, le salpêtre retiré de la poudre par le lessivage ne doit pas contenir plus de $\frac{1}{8000}$ de son poids de chlorure de sodium. Ce salpêtre peut renfermer des sels provenant du charbon de bois ou qui se sont introduits dans l'explosif pendant sa fabrication. On a remarqué notamment que du salpêtre raffiné au $\frac{1}{5000}$ renfermait, après la fabrication de la poudre, une dose beaucoup plus forte de chlorures ;

ceux-ci provenaient des sels absorbés par la pierre poreuse des meules et rendus pendant les temps secs.

L'essai peut se faire au moyen de la liqueur d'azotate d'argent titrée comme nous l'avons indiqué à l'analyse du nitre brut (n° **56**). Mais l'opération se fait plus simplement en employant une liqueur argentique titrée dont un volume déterminé précipite juste $\frac{1}{8000}$ de chlorure sodique.

D'après la formule :

$$AzO^3Ag + NaCl = AzO^3Na + AgCl,$$

on voit que $58^{gr}4$ de chlorure de sodium sont précipités intégralement par 169.7 grammes de nitrate d'argent ou par 107.7 grammes d'argent métallique transformé en nitrate; donc $\frac{1}{8000}$ de gramme de sel sodique exigera $\frac{169.7}{58.4} \times \frac{1}{8000} = 0^{gr}0003632$ d'azotate d'argent ou $\frac{107.7}{58.46} \times \frac{1}{8000} = 0^{gr}0002302$ d'argent métallique. Comme ces deux poids sont fort faibles et impossibles à peser, on prend des poids 1000 fois plus grands, soit $0^{gr}3632$ de nitrate d'argent, ou $0^{gr}2302$ d'argent métallique.

On dissout dans un peu d'eau distillée $0^{gr}3632$ d'azotate d'argent chimiquement pur fondu, on ajoute quelques centimètres cubes d'acide azotique (afin de contracter plus tard le chlorure d'argent) et on complète à 1000 cc. D'après cela, 1 cc. de cette solution contient juste $0^{gr}0003632$ de sel d'argent, c'est-à-dire la quantité nécessaire pour précipiter, dans un gramme de salpêtre, $\frac{1}{8000}$ de gramme de chlorure de sodium.

Si l'on fait usage d'argent métallique (provenant de la réduction de chlorure d'argent), on dissout $0^{gr}2302$ de ce métal dans un peu d'acide azotique à 1,2 de densité et on complète à 1000 cc. Cette liqueur est identique à l'autre.

Pour faire maintenant un essai, on dissout dans le moins d'eau possible 20 grammes de salpêtre dans un flacon de 150 cc., bouché à l'émeri. On y laisse couler 20 cc. de la liqueur argentique placée dans une burette graduée. On chauffe le flacon dans de l'eau à 70° c. et on secoue énergiquement de temps en temps pour bien rassembler

le précipité. On laisse déposer, et lorsque le liquide est bien limpide, on ajoute une nouvelle quantité de nitrate qui ne doit plus produire de trouble.

On peut aussi filtrer le liquide, mais il vaut mieux ne pas le faire pour se mettre à l'abri d'une erreur provenant du chlore des filtres.

63. Dosage du perchlorate et du chlorate potassique dans le salpêtre raffiné. — Le salpêtre renferme souvent du perchlorate et du chlorate provenant du nitrate du Chili qui les contient naturellement et qui peuvent amener des inflammations spontanées ou des explosions par suite du travail mécanique ou par le mélange avec des matières combustibles.

En France on fait l'essai comme suit (*Mémorial*, T. XI p. 64). Les salpêtres destinés à être livrés aux services de l'artillerie doivent satisfaire aux conditions de pureté ci-dessous indiquées :

1° Taux de chlorures (limite actuelle) inférieur à 1/10000
2° Taux de chlorate inférieur à 1/10000
3° Taux de perchlorate » 1/1000

Perchlorates.

a) Calcination du perchlorate.

Peser 10 gr. salpêtre sec dans un creuset de platine avec couvercle. Ajouter 10 gr. CO^3Na^2 sec, exempt de Cl, mêler avec fil de platine. Couvrir le creuset du couvercle et commencer à chauffer très doucement. Augmenter le feu progressivement de manière à amener la fusion tranquille, sans jamais soulever le couvercle (volatilité du KCl). Maintenir la fusion un quart d'heure. Laisser refroidir. Si l'opération a bien marché, la matière forme une masse compacte adhérant au fond du creuset sans bourrelet indiquant un boursouflement qui pourrait soustraire une partie de la masse à la décomposition.

Pour un essai préalable on peut soulever le creuset de temps en temps pour se rendre compte de la marche de l'opération définitive.

b) Dosage du chlore provenant du perchlorate.

Dissoudre la masse fondue dans AzO^3H étendu de la moitié de son volume d'eau, éviter les projections, ajouter quelques gouttes en excès. Faire avec la dissolution 250 cc. Prélever 50 cc. et doser le Cl volumétriquement (neutre), on peut faire usage d'une liqueur argentique capable de saturer le chlorure qui correspond au taux limite de perchlorate de 0,10 °/₀ (augmenté du taux limite de $\frac{1}{10000}$ de chlorure) : on ajoute le liquide et on filtre (celui-ci lavé à NO^3H) en repassant le liquide sur le filtre jusqu'à ce qu'il soit clair, puis on essaie le liquide filtré avec une nouvelle quantité de nitrate d'argent. Il ne doit plus se troubler.

Chlorates.

1re méthode basée sur l'action de SO^4H^2 concentré sur les chlorates. Si un salpêtre raffiné renferme des chlorates et qu'on le projette dans SO^4H^2 à 66°, il se développe une couleur jaune d'autant plus intense que la teneur en chlorate est plus élevée. On prépare des types de salpêtre à 0, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{10000}$ $KClO^3$ en arrosant des poids connus de salpêtre à 0 avec des volumes convenables d'une dissolution de $KClO^3$ (à 1 gr. par litre p. ex.), séchant et pulvérisant pour avoir une masse bien homogène.

Dans quatre verres de montres identiques, placés sur une même feuille de papier blanc, on verse 4-5 cm^3 de SO^4H^2 pur à 66°. On projette en 1 le salpêtre type à 0, en 2 le salpêtre à $\frac{1}{1000}$, en 3 le salpêtre à $\frac{1}{10000}$, en 4 le salpêtre à essayer. La matière doit former une masse conique dont le sommet arrivera à la surface de l'acide. On n'agite pas. Au bout d'une demi-minute, on observe la coloration des masses solides. Considérant le verre de montre qui renferme le salpêtre à essayer, on regarde d'abord si la coloration que présente la matière est d'ordre supérieur à $\frac{1}{10000}$. Si cette condition est remplie, l'épreuve est terminée. Si elle ne l'est pas, on intercale le salpêtre à essayer entre deux salpêtres types de la série, on

obtient ainsi deux nombres comprenant entre eux la teneur en chlorate du salpêtre à essayer. On peut augmenter le nombre de types.

2me méthode fondée sur l'action des azotites sur les chlorates. Peser 10 gr. salpêtre. Dissoudre dans 50-60 cc. d'eau. Ajouter au liquide 4 à 5 gouttes de liqueur neutre de nitrate d'argent (à $10^{gr}8$ par litre), de manière à précipiter tous les chlorures. On filtre à plusieurs reprises pour avoir une liqueur limpide. Vérifier si une goutte de nitrate Ag ne donne plus de trouble, on chauffe vers 90°; on ajoute 15-20 cm^3 d'une solution dans l'eau d'azotite Pb (inutile de filtrer cette solution). Pour la préparer, on met dans le fond d'un verre quelques grammes d'azotite Pb, on ajoute de l'eau, on agite vivement et le liquide obtenu est pris tel quel. On fait disparaître le trouble produit en ajoutant 5-10 cm^3 NO^3H à 36° étendu de son volume d'eau. Si la liqueur louchit, le salpêtre renfermait des chlorates. Pour vérifier que le taux de ces chlorates est $< \frac{1}{10000}$, on compare le louche produit à celui qu'on obtient en opérant dans les mêmes conditions que précédemment, non plus avec une liqueur salpêtrée, mais avec de l'eau distillée additionnée d'un volume convenable d'une solution titrée de $KClO^3$. On prendra dans les deux cas des verres identiques et des volumes de liqueur identiques également.

M. A. Dupré recherche les perchlorates de la manière suivante : on chauffe 20 gr. de salpêtre pendant une heure à 545° dans un creuset de nickel. On reprend par l'eau, on porte la solution à un volume de 200 cc. et on dose le chlore sur 25 cc.

A 100 cc., on ajoute un excès de nitrate d'argent et 4 cc. HNO^3 fort et on chauffe au bain de sable pendant 30 minutes. Après refroidissement, on filtre, on lave le précipité, on ajoute au filtrat quelques gouttes de sulfate ferrique et on titre au sulfocyanure d'ammonium. D'une manière analogue, on dose le chlore dans 10 gr. de salpêtre sans chauffer préalablement. La différence permet d'évaluer la proportion de perchlorate que renferme le salpêtre.

Dosage du perchlorate de soude dans le salpêtre du

commerce (H. Lemaître). — $NaClO^4 + 4Na^2SO^3 = 4Na^2SO^4 + NaCl$. — 5 gr. salpêtre sont broyés finement avec 3 gr. sulfite Na pur et sec; chauffer le mélange jusqu'à fusion dans une capsule de platine. Dissoudre la masse, précipiter à chaud par 200 cc. nitrate Ba à 4 %, recueillir le précipité comme à l'ordinaire; le filtratum est chauffé avec $8^{cc}2$ de lessive normale et $1^{gr}2$ de persulfate de soude; on filtre, le filtratum est neutralisé exactement par l'acide acétique et on dose Cl à l'aide d'une solution de $AgNO^3$ en présence du chromate K comme indicateur. Des deux dosages, on déduit la teneur du salpêtre en perchlorate.

64. Moyens de qualifier un nitre. — 1° On fait usage d'un réactif très sensible : l'oxalate de brucine. Voici comment on le compose : on mélange une partie de brucine, deux parties d'acide oxalique et cent parties d'alcool à 90° (Gay-Lussac). Dans une capsule de porcelaine, on met un peu de sel en poudre, puis on verse dessus un centimètre cube du réactif; on évapore au bain-marie. Il se développe une coloration rouge intense due à la formation de cacothéline.

Si le sel est en solution, on évapore au bain-marie, et sur le résidu sec on opère comme plus haut. On peut ainsi révéler la présence d'une trace de nitre dans un mélange salin.

Les chlorates donnent la même réaction.

Pour qualifier le métal, on usera du bec Bunsen. Le nitrate de sodium, introduit dans la flamme incolore, donne une teinte jaune, le nitrate de potassium une teinte violette, le nitrate de baryum colore la flamme en vert, celui de strontium en rouge.

2° On peut encore opérer en décomposant le nitrate par l'acide sulfurique. Celui-ci déplace l'acide nitrique, dont on décèle la présence au moyen d'une substance qui le transforme en bioxyde d'azote; en ajoutant du sulfate ferreux solide ou en dissolution, il prend une couleur brune; avec un cristal, il se forme une auréole brune.

3° On peut attaquer le nitrate par l'acide sulfurique en présence de cuivre métallique; il se forme du deutoxyde d'azote qui, au contact de l'air, donne du peroxyde qui, dirigé dans une solution de sulfate ferreux, la brunit.

4° On chauffe au bain-marie, pendant douze heures, quelques grammes de phénol avec de l'acide chlorhydrique. Le liquide renfermant les nitrates est évaporé, on ajoute quelques gouttes du réactif qui fournit une coloration violette qui vire au vert émeraude par l'ammoniaque.

5° On peut aussi faire usage de l'acide sulfophénique qui donne une couleur jaune d'acide picrique. En ajoutant au liquide dilué par l'eau de l'ammoniaque, la couleur s'accentue par formation de picrate d'ammonium.

6° Il faut s'assurer de l'absence des agents oxydants : azotites, peroxydes, bichromates, molybdates, chlorates, perchlorates, etc.

On additionne le liquide d'un volume égal de HCl concentré et d'une goutte de solution de diphénylamine dans l'acide acétique cristallisable : apparition de couleur bleue. Si celle-ci ne se montre pas, on répète l'épreuve en employant H^2SO^4.

§ 6. — NITRATES DIVERS.

Nitrate de sodium.

65. — *Formule :* AzO^3Na. — Poids moléculaire : 85.

Nous avons vu son origine (n° **24**).

Ce sel cristallise dans le système rhomboédrique, l'angle est de 106°30'. Ce rhomboèdre ressemble donc beaucoup au cube, de là le nom de *nitre cubique* que l'on donne souvent au nitre sodique. La densité des cristaux est 2,24.

Ce corps absorbe facilement de l'eau par conservation à l'air humide. Il faudra tenir compte de ce fait dans l'emploi de cet oxydant dans les explosifs.

Il se dissout facilement dans l'eau.

100 parties d'eau dissolvent (Maumené) :

à 0° c.	. . . . .	70.94 parties.
10°	. . . . .	78.54 »
20°	. . . . .	87.97 »
30°	. . . . .	98.26 »
40°	. . . . .	109.01 »
50°	. . . . .	120.00 »
60°	. . . . .	131.11 »
70°	. . . . .	142.31 »
80°	. . . . .	153.72 »
90°	. . . . .	165.55 »
100°	. . . . .	178.18 »
110°	. . . . .	194.28 »
119°4	. . . . .	213,48 »

Les propriétés chimiques sont semblables à celles du nitrate de potassium.

Il peut par conséquent former avec le soufre et le charbon de bois des poudres explosives. Il est bon de remarquer que les poudres à base de nitrate sodique développent sous le même poids des pressions plus grandes que les poudres à base de nitrate potassique ; en effet, le poids moléculaire de l'azotate de potassium est 101.1, tandis que celui de l'azotate de sodium est 85 pour la même teneur d'oxygène.

Tout calcul fait, on trouve qu'un gramme de sel potassique renferme 0^{gr}474 d'oxygène disponible et que le même poids de sel sodique contient 0^{gr}564 du même gaz.

Seulement le nitrate de sodium est hygroscopique et la conservation des poudres exigerait des conditions difficiles à réaliser en pratique dans nos climats humides.

Le nitrate de sodium a une grande importance industrielle ; il sert à la fabrication du nitre de conversion, de l'acide nitrique et des engrais artificiels. Il est à présumer que l'industrie du nitre de conversion disparaîtra ou du moins diminuera beaucoup d'importance avec l'introduction des poudres sans fumée, mais la fabrication de l'acide nitrique prendra une extension de plus en plus considérable.

Essais du nitrate de sodium. — Beaucoup de fabriques de nitroglycérine, de coton-poudre élaborent actuellement l'acide nitrique sur place.

On dose le taux d'acide nitrique anhydre Az^2O^5 qui doit être supérieur à 60 °/₀, ce qui correspond à 94.4 °/₀ de nitrate de sodium; ce dosage se fait par la méthode Schlœsing.

L'humidité ne doit pas dépasser 4 °/₀ et les matières insolubles 2 °/₀.

Tolérance de chlorure : 0.75 °/₀. Des doses notables de NaCl provoquent dans les fabriques d'acide nitrique des dégagements de chlore qui rendent l'air des usines irrespirable.

Azotate d'ammonium.

66. — *Formule :* NO^3NH^4. — Poids moléculaire : 80.

Préparation. — On traite les eaux ammoniacales des usines à gaz, les urines, etc. On neutralise les eaux ammoniacales par de l'acide nitrique faible, on laisse reposer le liquide et on évapore à consistance sirupeuse. Le nitrate cristallise dans des cristallisoirs.

A la raffinerie nationale de Lille on neutralise de l'acide nitrique jaune à 36° B, par les eaux ammoniacales provenant des usines à gaz; ces eaux sont concentrées à 22° B. On fait le mélange dans de grands pots en grès de 200 litres, rafraîchis extérieurement par de l'eau froide. Après neutralisation on laisse reposer et on concentre dans des chaudières en fonte émaillée à la densité de 35-36° B, on jette la solution chaude dans des cristallisoirs, le nitre se précipite : on agite, puis on turbine.

En Belgique, on fait barboter dans l'acide nitrique faible, l'ammoniaque liquide enfermée dans des bouteilles en fer; après saturation, on concentre, on évapore et on turbine les cristaux.

On peut encore agir par conversion avec le nitrate potassique ou le nitrate barytique et le sulfate d'ammonium.

La fabrication du nitrate d'ammonium est devenue très importante.

Propriétés. — C'est un sel anhydre qui cristallise en prismes à six faces, isomorphes avec le salpêtre potassique. La saveur est piquante. Il est très soluble dans l'eau avec abaissement considérable

de température. Quand on mélange parties égales d'eau et de sel, la température tombe de + 10° à — 15° c.; à 18°, il est soluble dans $\frac{1}{2}$ p. d'eau; à 164°, la solution bouillante renferme 47.8 de sel sur 52.2 d'eau. Les solutions chaudes attaquent tous les métaux usuels. Le nitrate commercial est presque toujours acide.

Il fond à 165° et commence à se décomposer à 185°. Quand on le projette dans un creuset chauffé au rouge, il donne en se décomposant une flamme jaune. Densité 1.74. Corps hygroscopique.

Ce corps est remarquable par la propriété qu'il possède de subir plusieurs décompositions par la chaleur; quelques-unes sont explosives :

1° $NO^3.NH^4 = NO^3H + NH^3$ réaction non explosive; Qmv = — 41.

2° $NO^3.NH^4 = N^2 + 2H^2O + O$ réaction explosive : elle dégage de la chaleur et des gaz. Effet maximum. Échauffement brusque; Qmv = 50.1.

3° $NO^3.NH^4 = N^2O + 2H^2O$ réaction explosive moins énergique. Échauffement ménagé; Qmv = 30.4.

4° $NO^3.NH^4 = N + 2H^2O + NO$ réaction explosive moins énergique; Qmv = 28.5.

5° $3NO^3.NH^4 = 4N + N^2O^3 + 6H^2O$; Qmv = 42.66.

6° $5NO^3.NH^4 = 8N + 2NO^3H + 9H^2O$ sous l'influence de la mousse de platine. Qmv = 71.80.

On voit que ce nitrate peut, tout en dégageant de l'oxygène, donner des explosions par lui-même. Tous les produits sont gazeux. Ce sel est donc éminemment propre à la fabrication des poudres, mais malheureusement il est avide d'eau. Malgré cela, il intervient actuellement dans la fabrication de beaucoup de mélanges explosibles à base d'hydrocarbures nitrés, dans lesquels on est parvenu jusqu'à un certain degré à diminuer l'hygroscopicité de la matière en l'enrobant d'une substance non avide d'eau et surtout en paraffinant les cartouches. Il renferme, au kilogramme, 600 grammes d'oxygène : Cependant tout cet oxygène n'est pas disponible d'après la formule 2° (200 grammes).

Le nitrate d'ammonium a pris une grande importance pour la fabrication des explosifs de sûreté pour les mines grisouteuses.

Azotite d'ammonium.

67. — $NO^2 (NH^4)$. — On le prépare en faisant agir du sulfate d'ammonium sur le nitrite de baryum. On évapore dans le vide sur la chaux. C'est une masse déliquescente, d'une conservation dangereuse. Il détone vers 60-70° c. On ne peut le conserver que dans le vide sur la chaux. La solution se décompose en moussant.

Nitrate de baryum.

68. — Ce sel est employé dans la fabrication de certaines poudres, à cause de sa faible solubilité à froid. Il n'a pas une tendance aussi grande à disparaître sous l'influence de l'eau que les autres nitrates, dans les mines noyées. Pas hygroscopique.

Formule : $(AzO^3)^2Ba$. — Poids moléculaire = 261.

Préparation. — On l'obtient par conversion au moyen de chlorure de baryum et de nitrate de sodium.

Propriétés. — Il cristallise en octaèdres réguliers anhydres, inaltérables à l'air. Les poudres à base de nitrate de baryum se conservent donc bien. D = 3,228. Sa saveur est salée et amère. Chauffé au rouge, il donne de l'oxygène, de l'azote, de l'acide hypoazotique et de la baryte. Il déflagre avec les corps combustibles.

Solubilité. — 100 parties d'eau dissolvent :

à 0° —	5	parties de	nitrate de baryum.
15° —	8	"	"
49° —	17	"	"
86° —	29	"	"
101° —	36	"	"

A cause du poids moléculaire élevé de ce nitrate, les poudres barytées sont moins énergiques que les poudres à base de nitrates alcalins. Il rend les explosifs plus lents et plus réguliers.

Nitrate de plomb.

69. — Obtenu par l'action de l'acide nitrique sur le plomb métallique ou la litharge.

Il existe un azotate neutre et plusieurs azotates basiques.

Azotate neutre $(NO^3)^2Pb = 330$.

On attaque le plomb, son oxyde PbO ou son carbonate par l'acide nitrique en excès, étendu et bouillant.

Octaèdres réguliers, durs, blancs, anhydres D = 4,5 (Schroeder), 4,4 (Karsten). — Corps hygroscopique et même déliquescent. Soluble dans l'eau : 100 p. d'eau à 0° dissolvent 39 p. de nitrate et à 100°, 139 parties; insoluble dans l'alcool concentré.

Ce corps est plus riche en O que les autres nitrates, chauffé il se décompose d'après la formule suivante :

$$(NO^3)^2Pb = PbO + O + N^2O^4.$$

En mélange avec des matières combustibles telles que le charbon de bois, le plomb se réduit à l'état métallique, de manière que tout l'oxygène du nitrate est disponible pour l'oxydation.

On imprègne souvent l'amadou et les mèches de fumeurs au moyen de ce nitrate.

Azotates basiques $(NO^3)^2Pb, nPbO$ $n = 1, 2, 3, 4, 5$.

Azotate diplombique $n = 1$.

On fait bouillir le nitrate neutre (1 p.) avec la litharge (1 p.). Il est très peu soluble dans l'eau (5,15 °/₀ à 19°).

Hypoazotates ou nitrosonitrates de plomb
obtenus par l'action du plomb sur le nitrate de plomb.

Ils sont assez nombreux. Réaction alcaline.

Nitrosonitrate diplombique $N^2O^4.\ 2PbO = \left.\begin{matrix} NO^2 \\ NO^3 \end{matrix}\right\} Pb.\ PbO.$

On chauffe plusieurs heures en dessous de 75° une solution de nitrate de plomb neutre avec 78 °/₀ de son poids de plomb.

Lamelles rhomboïdales jaunes, peu solubles dans l'eau.

On connaît ainsi :

Le nitrosonitrate diplombique (lamelles jaunes)

Le nitrosonitrate heptaplombique (prismes oranges)

L'azotite quadriplombique (sel rose)

obtenus par l'action du plomb métallique sur le nitrate de plomb.

Le nitrate de plomb neutre ayant une forte densité est favorable à la fabrication d'explosifs lourds. C'est un toxique. Son emploi est interdit en Angleterre, à cause de sa facile décomposition à une température relativement basse.

Sert dans quelques explosifs :

Divine : dinitrobenzène ou dinitrotoluène additionné de nitrate de plomb (1895).

Macarite : trinitrotoluène et nitrate de plomb (1899).

Nitrate de Strontium.

70. — $(NO^3)^2$ Sr.

Il est obtenu comme le nitrate de baryum.

Les cristaux sont anhydres quand on les évapore à chaud. Par évaporation lente à froid, ils retiennent 5 molécules d'eau.

D = 2. 305.

Donne une flamme rouge avec les matières combustibles.

Sert surtout dans les feux d'artifices.

Solubilité des nitrates.

	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
Nitrate Ba	5.2	7.0	9.2	11.6	14.2	17	20	24	27	30	32
» Pb	39.0	48.0	56.0	65.0	75.0	85	—	105	—	—	139
» K	13.0	22.0	31.0	44.0	64.0	86	111	139	172	206	247
» Na	71.0	78.0	88.0	98.0	109.0	120	131	142	154	165	178
» Sr	30.0	55.0	71.0	87.0	91.0	93	94	95	97	99	101

Hygroscopicité des nitrates.

Absorption sous cloche humide à 19° au bout de 120 heures.

Nitrate	K	0,02 %
"	Ba	0,04
"	Na	2,30
"	Pb	3,51
"	Sr	14,27
"	Am	38,30
"	Ca	81,70

Pernitrates (NO^4M).

71. — On prépare le pernitrate de potassium NO^4K en dissolvant 100 gr. NO^3K dans un mélange de 200 gr. d'eau et 1500 gr. d'alcool à 98° et refroidissant avec un mélange de sel et de glace, le vase contenant la solution. On y ajoute peu à peu 160 grammes de bioxyde de sodium, précipitant avec 15 gr. d'alcool absolu une partie du sel engendré par la réaction, filtrant rapidement le liquide au moyen de la trompe, lavant soigneusement avec l'alcool anhydre le produit recueilli dans le filtre et le desséchant dans le vide en présence de l'anhydride phosphorique.

Les liquides filtrés en s'évaporant spontanément donnent la plus grande partie du sel :

$$KNO^3 + Na^2O^2 + H^2O = KNO^4 + 2NaHO$$

La réaction de décomposition par l'eau est :

$$KNO^4 + H^2O = KNO^3 + H^2O + O.$$

Les pernitrates qui donnent sous l'action de la chaleur de 15 à 16 % d'oxygène sans compter celui qu'ils donnent comme nitrates sont des comburants très énergiques et tout indiqués pour la fabrication d'explosifs, quand leur génération sera devenue industrielle.

CHAPITRE II.

CHARBON DE BOIS.

—

§ 1. — GÉNÉRALITÉS SUR LES BOIS ET LE CHARBON DE BOIS.

72. — C'est, des trois corps constituant la poudre noire, celui qu'il est le plus difficile d'obtenir dans un état constant. Dans les formules de réaction entre le salpêtre, le soufre et le carbone, on suppose toujours celui-ci à l'état de carbone pur; mais, en réalité, on fait usage de charbon de bois, dont la porosité et l'inflammabilité sont plus satisfaisantes. Malheureusement, les compositions chimique et physique du charbon de bois, sont très variables et ne dépendent pas seulement de la nature du bois, de son âge, etc., mais encore du mode de carbonisation.

Il faut tout d'abord faire un choix judicieux du bois; on sait que celui-ci est en majeure partie composé de cellulose, laquelle est alliée en plus ou moins grande proportion avec de la *matière incrustante*.

Celle-ci est dure, pesante, cassante, et elle est d'autant plus abondante que le bois est plus dur; c'est elle qui donne au bois la propriété de pouvoir se polir. Cette matière n'a pas la constitution chimique de la cellulose; elle est plus riche en carbone et en hydrogène par rapport à l'oxygène que la cellulose. Elle est de plus inégalement répartie dans l'arbre; le cœur en contient plus que l'aubier; elle est rare dans certaines espèces de bois, tels que ceux de la catégorie dite des bois blancs et surtout dans les branches ou les bois en taillis. Ce sont ces essences blanches dont on fera usage de préférence, à cause de l'uniformité de leur composition chimique qui se rapproche de celle de la cellulose.

Envisagé dans son ensemble, le bois complètement séché, quelle que soit sa provenance, renferme plus de carbone et d'hydrogène

que la cellulose ($C^{12}H^{20}O^{10}$). Cela provient, comme nous l'avons dit, de la présence de la matière incrustante et d'autres principes riches en carbone.

73. Composition élémentaire de diverses espèces de bois (Chevandier) :

		Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.
Cellulose pure		44,44	6,18	49,38	—
Hêtre	tronc	49,89	6,07	43,11	0,93
	tiges	50,08	6,23	41,61	1,08
Chêne	tronc	50,64	6,03	42,05	1,28
	tiges	50,89	6,16	41,94	1,01
Tremble	tronc	50,31	6,32	42,39	0,98
	tiges	51,02	6.28	41,65	1,05
Saule	tronc	51,75	6,19	41,08	0,98
	tiges	54,03	6,56	37,93	1,48
Bouleau	tronc	50,61	6,23	42,04	1,12
	tiges	51,93	6,31	40,69	1,07

On remarquera que les rapports entre les éléments des divers bois ne diffèrent pas beaucoup.

74. Cendres. — Leur proportion varie dans des limites étendues. Les feuilles et les écorces en contiennent plus que le bois proprement dit. Voici un exemple :

Bois de poirier.		Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.
Feuilles.		45,015	6,971	40,910	7,118
Extrémité des tiges	écorce	52,496	7,312	36,737	3,454
	bois	48,359	6,605	44,730	0,304
Partie moyenne	écorce	48,855	6,342	41,121	3,682
	bois	49,902	6,607	43,356	0,134
Partie inférieure	écorce	46,871	5,570	44,656	2,903
	bois	48,003	6,472	45,170	0,354
Tronc	écorce	46,267	5,930	44,755	2,657
	bois	48,925	6,460	44,319	0,296
Racine	écorce	50,367	6,069	41,920	1,129
	bois	47,390	6,259	46,126	0,234

Composition des cendres (hêtre) :

Carbonate de potassium	11,72
» de sodium	12,37
Sulfate de potassium	3,49
Carbonate de calcium	49,54
Magnésie	7,74
Phosphate de calcium	3,32
» de magnésie	2,02
» de fer	0,76
» d'alumine	1,51
» de manganèse	1,59
Silice	2,46

75. Expériences de Violette sur la carbonisation du bois. — Violette a recherché l'influence que peuvent avoir sur la composition du charbon de bois et sur le rendement : 1° la température de carbonisation d'un même bois; 2° la durée de la carbonisation; 3° la nature du bois.

76. Influence de la température de carbonisation. — On soumit à l'expérience du bois de bourdaine, dont la composition chimique est presque uniforme dans toute la masse. L'appareil de carbonisation est celui à vapeur d'eau surchauffée, que nous décrirons plus loin (n° **91**). Le bois était préalablement desséché à 150°, cuit à l'appareil jusque 350°, et enfin dans des bains de sable jusque 1500°.

77. Résultats obtenus. — De 150° à 280°, on obtient un bois fortement desséché, résistant, non pulvérisable, brûlant avec flamme. Son inflammation se fait entre 340° et 360°. Sa densité varie de 1,40 à 1,41. C'est un brûlot ou fumeron.

De 280° à 350°, le charbon est roux, friable, très inflammable, brûlant avec flamme, soluble en partie dans les alcalis. Il s'enflamme entre 360° et 370°. Densité : 1,40 à 1,50.

De 350° à 432°, le charbon est noir, il s'enflamme facilement et produit une faible flamme; il est insoluble dans les alcalis, il s'enflamme à 400°. La densité égale 1,71.

De 1000° à 1500°, le charbon est noir, dur, compact, d'une pulvérisation pénible, il s'enflamme difficilement, il est bon conducteur de la chaleur et de l'électricité. Il s'enflamme de 600° à 800°. La densité est 1,84 à 1,87.

Rendement. — 100 parties de bois donnent :

à 280°	36,16	parties de	charbon de bois.
300°	33,61	»	»
350°	29,66	»	»
432°	18,87	»	»
1100°	18,40	»	»
1500°	17,31	»	»

78. Composition élémentaire du charbon de bois cuit à diverses températures. —

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.
280°	72,63	4,70	22,00	0,568
300°	73,23	4,25	21,96	0,559
350°	76,64	4,14	18,44	0,613
432°	81,64	1,96	15,24	1,162
1100°	83,29	1,70	13,79	1,224
1500°	94,56	0,73	3,84	0,664

79. — L'hygroscopicité des charbons de bois est en raison inverse de la température de la cuisson. Ainsi, 100 parties de charbon de bois absorbent :

Température de cuisson.		
150°	20,862	parties d'eau.
270°	6,306	»
280°	7,879	»
432°	4,704	»
1500°	2,204	»

Quand le charbon est pulvérisé, il prend bien plus d'eau que le charbon en bâtons.

Lorsqu'on chauffe progressivement du bois en vase clos, il se

produit un effet remarquable. Vers 270°, sous l'influence de la formation et du dégagement des carbures d'hydrogène, la température s'élève rapidement jusque vers 340° et une partie du charbon se transforme en charbon noir. On ne peut obtenir des charbons roux homogènes qu'en maintenant la température très proche de 270°, sans dépasser ce point.

80. Conclusions. — On peut conclure de ces expériences :

1° Le charbon pour la poudre de guerre doit être obtenu entre 280° et 432°; il est alors bien pulvérisable, ce qui permet un mélange intime avec le salpêtre et le soufre; il est d'une inflammation facile.

2° Le rendement diminue à mesure que la température de carbonisation augmente.

3° Le charbon cuit à basse température retient plus de matières volatiles, ce qui a une grande influence sur la vivacité de la poudre. Ainsi les poudres de chasse sont à base de charbon roux, les poudres de guerre à base de charbon noir.

La température de réaction entre le charbon de bois et le salpêtre est très fortement influencée par la température de carbonisation du bois. La combinaison des deux corps se fait dès 400°, lorsque le charbon est roux, tandis qu'elle ne se fait plus qu'au rouge vif pour les charbons cuits entre 1000° et 1500°.

81. Influence de la durée de carbonisation. — L'appareil de carbonisation à vapeur d'eau surchauffée est porté à 432°, et cette température est conservée bien constante.

L'opération peut être menée plus ou moins vigoureusement, suivant la plus ou moins grande quantité de vapeur d'eau qu'on lance dans le carbonisoir.

Lorsque la carbonisation est menée lentement, le rendement est de 18,87 %; lorsqu'elle est menée rapidement, le rendement n'est plus que de 8,96 %; il y a une différence de près de 50 %.

Dans le premier cas, l'oxygène et l'hydrogène se dégagent lentement sous forme d'eau, et abandonnent la majeure partie du carbone; dans le second cas, par suite de l'énergie de l'opération, une partie du carbone se combine à l'eau d'hydratation pour donner une grande quantité de goudron.

La composition chimique des charbons varie aussi :

	Température.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.
Carbonisation lente	432°	82,106	2,190	14,849	0,995
» rapide.	443°	79,589	2,169	15,736	2,506

Le rendement en cendres est moindre dans le premier cas, car l'eau de mouillage lentement entraînée, enlève les sels métalliques.

82. Influence de la nature du bois. — Toutes les essences peuvent donner du charbon de bois propre à la fabrication de la poudre, mais celle-ci sera plus ou moins bonne.

Un bois tendre fournit un charbon de bois léger, peu résistant et se pulvérisant très bien ; il est de composition uniforme et se mélange bien au nitre et au soufre; il s'enflamme facilement. Le bois dur donne un charbon dur, pesant; sa composition chimique n'est pas homogène et il est d'une inflammation plus difficile. Il ne donne pas des résultats aussi bons et aussi constants que le bois tendre.

On peut remplacer un charbon de bois par un autre, dans la fabrication de la poudre noire en changeant le dosage.

Les bois résineux ne conviennent pas, mais, à la rigueur, ils peuvent servir; la résine donne un charbon compact, tandis que le ligneux donne un charbon léger; l'ensemble présente un mélange peu combustible.

Pour la poudre de guerre, il faut employer les bois tendres, à tissu homogène et, de préférence, leurs branches débarrassées de leur écorce, ou bien du bois tendre en taillis.

Chaque pays fait naturellement usage des bois tendres qui y croissent en abondance. Ainsi en Belgique, on fait surtout usage de la bourdaine, du coudrier, du peuplier, de l'aulne, du saule, de la chènevotte de chanvre ou de lin. Ces essences sont aussi abondantes en France et en Allemagne. Dans d'autres pays, on emploie le cornouiller, la vigne, le laurier-cerise, l'if, le noisetier.

§ 2. — CARBONISATION DU BOIS.

83. Lorsqu'on chauffe le bois à l'abri de l'air, il se décompose en charbon et en produits volatils. Il faut se rappeler que le bois est

surtout formé de cellulose $C^{12}H^{20}O^{10}$, qu'on peut écrire C^{12}, $10H^2O$; c'est un hydrate de carbone (voir n° 339). Il semble, d'après cela, qu'on peut enlever par déshydratation, les dix molécules d'eau; mais en réalité, des réactions beaucoup plus complexes ont lieu et les produits de la distillation en vase clos sont extrêmement nombreux.

Une chaleur ménagée dégage d'abord l'eau de mouillage, puis vers 150° apparaissent des vapeurs rousses inflammables, enfin des produits de plus en plus simples.

Le tableau suivant donne une idée des principaux corps qui se forment.

84. Produits principaux de la distillation du bois. —

BOIS.	LIGNEUX ET EAU DE MOUILLAGE.	1° Gaz d'éclairage.	Oxyde de carbone.	CO.
			Acide carbonique.	CO^2.
			Gaz des marais.	CH^4.
			Hydrogène.	H.
			Acétylène.	C^2H^2.
			Éthylène.	C^2H^4.
			Benzine.	C^6H^6.
			Naphtaline.	$C^{10}H^8$.
		2° Goudrons.	Benzine.	C^6H^6.
			Naphtaline.	$C^{10}H^8$.
			Paraffine.	$C^{20}H^{42}$.
			Rétène.	$C^{18}H^{18}$.
			Acide phénique.	C^6H^6O.
			" oxyphénique.	$C^6H^6O^2$.
			" crésylique.	C^7H^8O.
			" phlorylique.	$C^8H^{10}O$.
			Résines pyrogénées.	$C^7H^8O^2$.
			Créosote.	
		3° Vinaigre de bois.	Acide acétique.	$C^2H^4O^2$.
			" propionique.	$C^3H^6O^2$.
			Acétone.	C^3H^6O.
			Alcool méthylique.	CH^4O.
		4° Charbon de bois.	Carbone.	C.
			Eau.	H^2O.
			Hydrogène.	H.
			Cendres.	

85. Choix du bois. — En Belgique, on fait surtout usage de la bourdaine et du coudrier. La bourdaine est abondante du côté de Diest, de Montaigu, de Lierre, en Zélande; on la coupe au printemps vers avril-mai, alors que la sève monte, ce qui rend l'écorçage facile; on coupe les extrémités et l'on ne conserve que les branches de 12 à 30 millimètres de diamètre et de 2 à 3 mètres de longueur. Les branches sont écorcées à l'usine, puis exposées en fagots qu'on place debout à la pluie pendant une année; cette exposition les débarrasse de la sève, riche en sels potassiques hygroscopiques. Les bottes sont ensuite entassées les unes sur les autres; on en forme des meules par lits horizontaux. La partie supérieure forme deux plans inclinés préservés par un toit de même forme. Après deux ou trois ans d'exposition, on les transporte dans des hangars en maçonnerie ouverts sur les côtés, où elles restent environ un an à dessécher. La botte de bois vert écorcé pèse 25 à 30 kilogrammes, et après exposition à l'air et le séchage dans les hangars, le poids n'est plus que de 13 à 15 kilogrammes.

86. Procédés de carbonisation. — Les appareils doivent produire une température régulière, afin de donner une carbonisation bien homogène dans toute la masse. On ne carbonise jamais en meule pour la poudre, le charbon obtenu est peu homogène, des cailloux peuvent s'y mêler et provoquer des explosions lors du travail sous les meules.

87. Carbonisation en cylindres. — Les appareils consistent en des cylindres de fonte placés horizontalement au-dessus d'un foyer à houille. Des carneaux empêchent le contact direct de la flamme. Les cylindres, au nombre de trois pour un four, sont fermés du côté de la façade de chargement, au moyen de couvercles pesants suspendus à des chaînes et maintenus par des vis de pression. Un tuyau de dégagement placé à l'autre bout du cylindre porte au dehors les produits de la distillation. On peut condenser ces matières et en retirer du goudron végétal dont la valeur est assez grande, mais généralement, le tube d'évacuation est replié et pénètre dans le foyer où le gaz et les goudrons brûlent. Avant de commencer une opération, on introduit dans le cylindre un faux fond percé de trous, et muni d'un manche à

anneau afin de pouvoir plus tard défourner d'un coup la botte de charbon et éviter une perte de chaleur.

Les cylindres ont un diamètre de 0^m57 et une longueur de 1^m50.

88. Travail. — On introduit dans chaque cylindre une botte de bourdaine de 1^m25 de long et de 0^m50 de diamètre, du poids de 35 kilogrammes. On chauffe à la température approximative de 350°. L'opération dure cinq heures en commençant avec un cylindre froid; les opérations suivantes durent seulement trois heures et demie.

Parfois, on place des baguettes d'épreuve qu'on peut retirer des cylindres au travers du couvercle; on les examine de temps en temps afin de vérifier la marche de la cuisson; mais généralement, ce procédé n'est pas usité : l'ouvrier écarte simplement le couvercle et constate rapidement le degré de carbonisation.

L'opération terminée, le charbonnier approche du cylindre un étouffoir muni d'une sorte de grand entonnoir. L'étouffoir est un grand vase cylindrique en tôle. La porte du cylindre carbonisoir est rapidement écartée, un crochet est introduit dans l'anneau du manche du faux fond, l'ouvrier tire à lui, le charbon tombe dans l'étouffoir, qui est refermé de suite au moyen d'un couvercle qu'on lute à l'argile. Une botte de bois est immédiatement enfournée et une nouvelle opération commence.

Les étouffoirs sont placés sous un auvent; au bout d'un jour, on enlève le lut d'argile afin de laisser pénétrer peu à peu l'air; on n'enlève le couvercle qu'au bout de trois jours; ces précautions sont indispensables pour empêcher l'inflammation spontanée du charbon de bois par l'absorption rapide de l'oxygène de l'air. Le charbon est enfin transporté dans de grands bacs en maçonnerie avec couvercles en tôle fermant incomplètement. Avant de passer sous les appareils de broyage, les morceaux de charbon sont triés, on enlève ceux qui sont mal cuits et on racle ceux qui sont vernissés.

Les produits obtenus sont assez réguliers; mais la conduite égale de la chaleur est difficile, la partie inférieure de la botte est plus cuite que la partie centrale et que la partie supérieure; la proportion de charbon vernissé est assez considérable, ce qui entraîne un travail manuel de raclage subséquent. Ce charbon vernissé provient du

goudron qui, s'écoulant de branche en branche, vient, en partie, recouvrir celles qui se trouvent à la partie inférieure du cylindre; là, le goudron est volatilisé, décomposé et il abandonne un charbon brillant simulant un vernis noir recouvrant le charbon de bois.

89. Perfectionnements. — On a imaginé de placer la botte dans un cylindre en tôle perforé de trous; ce cylindre est muni d'un axe central qui lui permet de tourner au centre d'un autre cylindre analogue à celui employé dans la méthode précédente. On obtient ainsi un charbon plus égal; cela n'empêche pas que le centre de la botte soit moins cuit que la partie extérieure.

On évite absolument cet inconvénient en employant un seul cylindre rotatif analogue à celui dont on fait usage dans la torréfaction du café. On peut y introduire le bois coupé en petits morceaux et même sous la forme de sciure de bois. Cet appareil donne les meilleurs résultats.

90. Appareils Maurouard. — C'est la méthode par cylindres perfectionnée; chaque cornue a son foyer; ce foyer consiste en principe en deux buses horizontales placées à la partie inférieure du cylindre-cornue; ces buses portent deux fentes longitudinales au travers desquelles s'échappent les produits gazeux combustibles de la carbonisation; ce sont donc de véritables becs de gaz.

La chauffe est ainsi très bien régularisée. Ces cylindres-cornues sont mobiles et portent à leur partie inférieure deux rails, qui glissent sur des galets. La carbonisation étant achevée, on retire les cornues et elles servent d'étouffoirs. Les produits obtenus sont très réguliers.

91. Distillation par la vapeur d'eau surchauffée. — Ce procédé est dû à Violette, qui l'introduisit dès 1847; voici quel en est le principe :

Le bois (généralement chènevotte) est soumis en vase clos, et pendant un temps qui dépend de l'espèce de charbon à produire (roux ou noir) à l'action de la vapeur chauffée à 300°.

La vapeur se dégage librement et à la température de 100° d'une chaudière; elle parcourt une série de tuyaux disposés en serpentin au-dessus d'un foyer, de manière à y acquérir une température de 300° environ; de là, elle est introduite par un robinet dans des cylindres en fonte chargés du bois à carboniser.

Les deux cylindres à carboniser le bois sont disposés horizontalement l'un à côté de l'autre, dans un espace à voûte surbaissée; ils sont percés latéralement de deux ouvertures par où pénètre la vapeur surchauffée, et à leur fond, se trouve une ouverture, à laquelle est ajusté un tuyau pour la décharge de la vapeur, qui entraîne avec elle les produits gazeux ou liquides de la distillation du bois; à l'extrémité de ce conduit est ajusté un tuyau en forme de — dont la branche supérieure conduit les gaz dans l'atmosphère, et la branche inférieure déverse les produits liquides dans un réservoir contenant de l'eau.

Le serpentin reposant sur la voûte à claire-voie du foyer, est surmonté d'une voûte en briques réfractaires; il est formé de tuyaux en fer épais, réunis par des coudes; il communique d'une part avec la chaudière, par un tuyau, et d'autre part avec les deux cylindres par des conduits débouchant aux deux ouvertures latérales; un robinet permet d'intercepter cette communication avec les cylindres. Le foyer est surmonté d'une voûte en briques réfractaires, munie d'ouvertures par lesquelles passent les produits volatils du foyer, pour venir entourer le serpentin et se rendre par des carneaux dans la cheminée.

Le bois est mis en bottes comme dans le procédé des cylindres, la charge des deux cylindres est de 30 kg. de chènevotte. On charge les cylindres, on y applique les obturateurs, puis on ouvre le robinet du tuyau de conduite pour donner passage à la vapeur d'eau surchauffée. La vapeur pénètre dans les fibres du bois, dissout et entraîne a l'extérieur les gaz et les liquides.

Dans un travail continu, la carbonisation est achevée en quatre heures; on ferme alors le robinet d'introduction de la vapeur, on fait tomber le charbon dans un étouffoir et on charge une nouvelle botte de bois.

Produit. — Le charbon obtenu est entièrement dépourvu de goudron; il n'a pas besoin d'être trié et peut être employé dès qu'il est suffisamment refroidi. Le rendement pour le charbon noir est de 26 %, pour le charbon roux 31 %.

L'appareil de Violette, quoique donnant d'excellents produits, est compliqué et le serpentin se détériore rapidement. Il servait autre-

bis à Wetteren à la fabrication du charbon roux destiné à la poudre de chasse, on a renoncé actuellement à son usage; l'appareil a été démoli.

92. Appréciation de la méthode de carbonisation en cylindres. — Les défauts que nous avons reprochés à la méthode des cylindres, sont plus apparents que réels; les charbons certainement manquent d'une homogénéité de cuisson absolue que l'on atteint presque dans la méthode Violette; mais ces inégalités n'ont pas grande influence sur les qualités de la poudre, attendu que les morceaux de charbon de bois, provenant des diverses parties du cylindre, sont intimement mélangés et, en pratique, on obtient une composition moyenne ne laissant rien à désirer.

D'après un brevet récent de Mr H. Güttler, on fait passer constamment dans l'appareil de carbonisation un courant de gaz inerte, de l'acide carbonique pur ou mélangé d'azote. Le charbon poreux se sature d'acide carbonique, ce qui évite des combustions spontanées.

93. Inflammation spontanée du charbon de bois. — Lorsque le charbon de bois est retiré trop chaud des appareils de carbonisation et est abandonné à l'air, il s'enflamme spontanément. Ce phénomène se produit par l'absorption rapide d'un énorme volume d'oxygène de l'air; cette condensation presque instantanée, cause une élévation de température suffisante pour amener le charbon à l'incandescence. Généralement, le charbon chauffé vers 400°, s'enflamme spontanément. Il y a des charbons qui produisent déjà des phénomènes d'oxydation avec dégagement d'acide carbonique lorsqu'ils sont chauffés à 100°; on conçoit que si ces substances sont en tas volumineux, l'oxydation produit une chaleur qui ne peut s'échapper et elle devient bientôt suffisante pour produire l'inflammation; on explique ainsi des cas d'inflammation spontanée du pulvérin. Lorsqu'on pulvérise sous des meules du charbon de bois même vieux de plusieurs jours, une inflammation spontanée peut avoir lieu.

Il ne faut donc jamais mettre sous les meules, en présence du soufre et du salpêtre, du charbon de bois trop jeune; il

faut le laisser se saturer d'air et lentement, pendant plusieurs semaines.

Le règlement belge permet l'emploi du charbon de bois dans les mélanges après 24 heures.

§ 3. — PROPRIÉTÉS DES CHARBONS DE BOIS.

94. Charbon roux. — La couleur varie du brun chocolat au noir; les morceaux se cassent en donnant un son mat, la trituration parfaite est assez difficile et, dans tous les cas, plus que celle du charbon de bois noir. La poussière est rousse et grasse au toucher, elle brûle avec une légère flamme à cause des matières volatiles qu'elle contient encore. Mélangée au nitre et au soufre, elle donne des poudres vives et brisantes, telles que la poudre de chasse.

95. — Cette vivacité spéciale s'explique par la présence d'une dose notable d'hydrogène dans ce charbon. La chaleur dégagée par ce gaz en brûlant est bien plus grande que celle produite par le même poids de carbone. La puissance calorifique de l'hydrogène est, en effet, de 34,000 calories, tandis que celle du carbone n'est que 8000 par kilogramme. La braise de boulanger, analogue au charbon de bois pour la poudre, contenant pour un gramme de carbone 0gr027 d'hydrogène dégage dans le calorimètre 8740 calories au lieu de 8000 calories fournies par le carbone pur.

Le calcul est du reste facile à faire; voici la composition chimique d'un charbon de bois :

Carbone	83,88
Hydrogène	3,24
Oxygène	11,56
Cendres	1,32

L'hydrogène se trouve en partie combiné à l'oxygène sous forme d'eau :

8 d'oxygène se combinent à 1 d'hydrogène,

11,56 „ „ $\frac{11,56}{8} = 1,44$ d'hydrogène.

Il reste donc libre dans le charbon de bois :

$$3{,}24 - 1{,}44 = 1{,}80 \text{ d'hydrogène.}$$

La partie du charbon de bois qui, par la combustion au contact du salpêtre, donnera lieu à un dégagement de chaleur sera donc :

Carbone	83,88
Hydrogène	1,80

Si l'on considère les puissances calorifiques 8000 et 34000 du carbone et de l'hydrogène par kilogramme, on aura :

Carbone. . . .	$0^k8388 \times 8000 =$	6710,4	calories
Hydrogène. . .	$0^k018 \times 34000 =$	612,0	»
		7322,4	»

pour un poids total de 0^k8508, ce qui fait pour 1 kilogramme : 8546 calories au lieu de 8000 pour le carbone pur.

On voit là l'influence notable de faibles doses d'hydrogène.

Il y a aussi une différence dans le volume gazeux développé; si l'on calcule le volume gazeux donné par du carbone pur d'après la formule :

$$C + O^2 = CO^2$$

en tenant compte des volumes moléculaires (voir n° **210**) 1 kilogramme de carbone donne : 1860 litres d'acide carbonique à 0° sous 0,76. Si l'on fait le même calcul pour un charbon de bois hydrogéné, d'après la formule :

$$\frac{83{,}88}{12}C + \frac{10{,}80}{12}H^2 + \frac{178{,}56}{12}O = \frac{83{,}88}{12}CO^2 + \frac{10{,}80}{12}H^2O$$

on trouve :

$$(83{,}88 + 10{,}80)22{,}32 = 2113^l25 \text{ pour : } 1006{,}56C + 21{,}60\,H = 1028{,}16$$

de charbon de bois, ce qui donne au kilogramme : 2055 litres.

Ainsi, en résumé :

	Volume gazeux.	Chaleur.
1 kilogramme de carbone pur donne . . .	1860 lit.	8000 cal.
1 kilogramme de carbone hydrogéné donne	2055 „	8546 „

Il faut, en troisième lieu, tenir compte de ceci : c'est que la vitesse de réaction entre l'hydrogène et l'oxygène est beaucoup plus grande que celle entre le carbone et l'oxygène. L'explosion de la poudre à base de charbon roux se fait donc en un temps plus court que celle à base de charbon noir, ce qui explique sa nature plus brisante.

96. Charbon noir. — L'aspect est noir bleu, la poussière est noire, le bâton est dur et raide, il se casse et éclate facilement, le son est clair, la trituration est facile, il est moins hygroscopique que le charbon roux, il brûle sans flamme et sert dans la fabrication des poudres lentes.

97. Remarque. — On remplace souvent dans les poudres de mine le charbon de bois par l'anthracite, la houille, le coke, le brai, la sciure de bois, la farine de bois, la farine de céréales, le son, le tan, le sucre, les hydrocarbures, etc., etc., et cela dans un but économique.

§ 4. — ANALYSE DU CHARBON DE BOIS.

98. — Il est important de doser le carbone et l'hydrogène. On combure ces deux corps en faisant passer dans un tube de verre réfractaire chauffé au rouge un courant d'oxygène pur et l'on recueille l'acide carbonique et l'eau formés, dans des tubes renfermant de la chaux sodée ou de la potasse caustique et du chlorure de calcium.

On fait usage d'un tube à combustion ouvert aux deux bouts et de vingt centimètres plus long que la grille à analyses dont on dispose.

A l'une des extrémités on serre une bande de toile métallique en cuivre enroulée en spirale ; cette toile a été oxydée dans la flamme d'une lampe Bunsen ; par l'autre côté du tube, on introduit de la tournure de cuivre oxydée et de l'oxyde de cuivre en grains ; au

milieu se place une petite nacelle de porcelaine ou de platine qui contient un poids déterminé de charbon préalablement desséché à l'étuve; enfin, au-dessus, une nouvelle toile métallique en spirale. Il est nécessaire, avant d'introduire la nacelle, de chauffer le tube à une température élevée et d'y faire passer un courant lent d'air sec, afin de le priver de toute humidité. Le tube est fermé au moyen de bons bouchons munis chacun d'un tube de verre droit.

Entre le gazomètre à oxygène et le tube à analyses, on place des appareils destinés à purifier le gaz. L'oxygène passe d'abord par un tube à boules de Liebig contenant une lessive concentrée de potasse, puis par un tube en U contenant de la ponce alcaline, enfin dans un tube en U contenant du chlorure de calcium.

Les produits de la combustion du charbon de bois passent d'abord par un petit tube à boules, suivi d'un tube en U renfermant de la ponce sulfurique. Ces deux tubes sont tarés; ils sont destinés à absorber l'eau provenant de la combustion de l'hydrogène du charbon de bois. A la suite vient un tube de Liebig contenant une lessive de potasse caustique concentrée; enfin, on termine par un petit tube témoin, renfermant de la ponce sulfurique, pour absorber l'eau qui pourrait être enlevée à la dissolution de potasse par le passage de l'oxygène sec en excès. Ces deux derniers tubes sont tarés; ils absorbent l'acide carbonique.

On commence par chauffer le tube renfermant le charbon de bois sous l'oxyde de cuivre (placé du côté opposé à l'arrivée de l'oxygène), puis sous le charbon, et on fait passer le courant d'oxygène. Lorsque la combustion est terminée, on remplace l'oxygène par un courant d'air. On pèse le tube à ponce sulfurique avec le tube à boules, l'augmentation de poids donne l'eau; on pèse le tube de Liebig avec le petit tube témoin, l'augmentation de leur poids donne l'acide carbonique.

En supposant qu'un poids P de charbon de bois ait donné un poids p' d'acide carbonique et un poids p'' d'eau, on aura :

$$\frac{p' \times 27{,}27}{P} \text{ de carbone } \% = a.$$

$$\frac{p'' \times 11{,}1}{P} \text{ d'hydrogène } \% = b.$$

Les cendres restées dans la nacelle sont pesées et peuvent être soumises à l'analyse. L'oxygène et l'azote se dosent par différence.

Remarques. — Au lieu de faire usage d'une lessive de potasse caustique pour absorber l'acide carbonique, il est préférable d'employer la chaux sodée ; cette matière absorbe ce gaz avec une grande avidité et élévation de température.

Voici comment on fabrique cette chaux sodée ; on fait une dissolution concentrée de soude caustique et on y éteint de la chaux vive. Pour une partie de soude caustique, on emploie deux parties de chaux. On évapore à siccité dans une marmite en fer, on chauffe au rouge sombre, on remue pour diviser la masse, on réduit en poudre et on tamise. On conserve en vase bien clos à l'abri de l'acide carbonique de l'air.

On trouve, du reste, la chaux sodée dans le commerce, mais souvent carbonatée ; on la débarrasse de l'acide carbonique par une chauffe au rouge.

Pour obtenir la ponce potassique, on fait une dissolution concentrée de potasse caustique dans de l'eau, puis on y jette de la pierre ponce en petits morceaux ; on évapore à sec, puis on chauffe plus fort. On remue la masse afin d'empêcher que les grains ne se collent les uns aux autres. C'est un excellent absorbant de l'acide carbonique.

CHAPITRE III.

SOUFRE.

—

§ I. — GÉNÉRALITÉS.

Symbole : S. — Poids atomique : 32.06.

98. État naturel. — Le soufre est extrêmement répandu dans la nature; on le trouve à l'état natif dans le voisinage des volcans en activité et des volcans éteints; les sulfures sont aussi abondants que les oxydes; plusieurs eaux minérales renferment de l'hydrogène sulfuré. De Rivero a rencontré le soufre sous forme d'acide sulfurique, accompagné d'acide chlorhydrique, dans le Pasambio ou Rio-Vinagre, torrent des Cordillères; il entraîne plus de 40,000 kilogr. de cet acide par jour. Un torrent, sortant du Paramo de Ruin, contient, d'après M. Leroy, 3^{gr}66 d'acide sulfurique et 0^{gr}556 d'acide chlorhydrique par litre. L'acide sulfurique provient probablement de l'attaque de l'acide chlorhydrique par les sulfates au rouge, l'acide chlorhydrique provient lui-même de l'attaque des silicates trachytiques par les chlorures et la vapeur d'eau.

Les sulfates existent en grande abondance et constituent des couches géologiques importantes : tel est le gypse ou sulfate de calcium. On trouve le soufre dans beaucoup de matières animales : les matières albuminoïdes, la laine, la corne.

Certaines plantes renferment du soufre : le raifort, les radis, le cresson, le navet, la moutarde, les oignons, etc.

99. Propriétés physiques. — C'est un corps jaune, sans goût, presque sans odeur. Il est transparent quand il est cristallisé. Il conduit mal la chaleur; prouvons-le comme suit :

Voici un canon de soufre, serrons-le entre les mains, il fait aussitôt entendre un crépitement particulier qu'on appelle *cri du*

soufre; il provient du glissement des facettes des cristaux de soufre les unes sur les autres par l'effet de la dilatation.

Le soufre est dimorphe, il se présente sous deux formes cristallines bien distinctes. Le soufre naturel est cristallisé en octaèdres droits à base rhombe. Le soufre fondu, qui se refroidit lentement, cristallise en aiguilles formées de prismes obliques à bases rhombes. Sous ces formes cristallines on le nomme *soufre octaédrique* ($S\alpha$) et *soufre prismatique* ($S\beta$). Le soufre se dépose, sous la forme $S\alpha$, par l'évaporation de ses dissolutions à froid; si, au contraire, on le fait cristalliser à chaud (au-dessus de 110°), il se présente sous la modification $S\beta$. Lorsqu'on chauffe à 106°, du soufre octaédrique obtenu à froid, les cristaux deviennent opaques et se transforment en cristaux prismatiques; de même des cristaux prismatiques, abandonnés au repos, se changent en un agglomérat de cristaux octaédriques. Ainsi la forme cristalline stable, en dessous de 106°, est l'octaèdre, et au-dessus de 106°, le prisme. Ce dimorphisme du soufre a donné lieu à des études très intéressantes, mais qui ne peuvent nous arrêter ici.

100. Action de la chaleur. — Le soufre octaédrique ($S\alpha$) fond à 114°, sa densité est alors de 2,08. Le soufre prismatique ($S\beta$) fond à 120°, sa densité est 1,96. A la température de fusion, la liquidité est parfaite; la couleur jaune d'ambre. Au-dessus de 120°, le soufre brunit et devient visqueux; cette viscosité s'accentue tellement que de 200° à 250°, on peut retourner le vase dans lequel s'opère la fusion, sans que le soufre s'écoule. Au-dessus de 250°, il subit une espèce de deuxième fusion qui absorbe beaucoup de chaleur et pendant laquelle un thermomètre plongé dans la masse reste immobile. La liquidité réapparaît vers 300° et enfin, l'ébullition commence à 440°; il se dégage des vapeurs oranges très lourdes. Naturellement, ces phénomènes ne peuvent être observés qu'en chauffant le soufre dans un ballon de verre, car à l'air libre il prend feu dès 250°.

Le feu se volatilise déjà à la température ordinaire, mais très faiblement; à la température de 50°, l'odeur du soufre est manifeste dans les séchoirs des poudreries.

101. — Le soufre est insoluble dans l'eau et dans l'alcool. Il est très soluble dans le sulfure de carbone.

100 parties de sulfure de carbone dissolvent :

à 0°	23,99	parties de soufre.
15° c.	41,65	»
22° c.	46,05	»
38° c.	94,57	»
55° c. (ébullition).	181,34	»

Il est soluble dans le benzène, l'éther, le toluène, le chloroforme, le phénol, l'aniline, etc.

100 parties	de benzène	dissolvent	0,965	parties de soufre à	26°.
»	»	»	4,377	»	71°.
»	de toluène	»	1,479	»	23°.
»	d'éther	»	0,972	»	23°5.
»	de chloroforme	»	1,205	»	22°.
»	de phénol	»	16,350	»	174°.
»	d'aniline	»	85,960	»	130°.

Le soufre prismatique Sβ a les mêmes dissolvants.

102. Variétés du soufre. — On distingue souvent les variétés de soufre suivant leur manière d'être vis-à-vis des dissolvants et surtout du sulfure de carbone.

A. **Soufres solubles.** — Ce sont les variétés Sα et Sβ.

B. **Soufres insolubles.** — 1° Le *soufre amorphe* obtenu en décomposant le chlorure de soufre par l'eau. Ce soufre, appelé Sν, se transforme en Sβ par la chauffe à 100°, ou par la sublimation. Le soufre Sν devient soufre soluble par son contact avec de l'hydrogène sulfuré. Il prend encore naissance par l'action de la lumière sur une solution de Sα dans le sulfure de carbone; ce phénomène est accompagné de chaleur. La transformation du soufre ordinaire, simplement fondu en Sν vers 113°, est aussi accompagnée de chaleur; ce changement n'a pas lieu dans les conditions ordinaires, mais bien sous l'influence de la lumière. Il a lieu également lorsque le soufre

fondu se solidifie au contact de l'acide sulfurique ou de l'acide azotique. La lumière ne joue ici qu'un rôle d'agent excitateur.

2° Le *soufre trempé :* $S\delta$. — On l'obtient par la fusion du soufre suivie d'un refroidissement brusque. La trempe a sur le soufre, le même effet que sur le bronze : de dur qu'il est, il devient mou comme du caoutchouc; la trempe se fait ordinairement à la température de 260°. Pour obtenir le soufre trempé, on le laisse couler par filet mince dans de l'eau froide.

Trempé de 114° à 170° le soufre est dur et jaune.

„ à 190° il est mou, transparent et devient vite fragile.

„ à 220° il est transparent et brunâtre.

„ de 230° à 260° il est ductile, transparent et rougeâtre.

Le soufre $S\delta$ au repos s'altère et se transforme peu à peu en soufre $S\alpha$ avec dégagement de chaleur. Si l'on enveloppe la boule d'un thermomètre avec du soufre mou trempé à 400° et si on le place dans une étuve chauffée à 95°, la colonne thermométrique s'élève et atteint près de 114°, point de fusion du soufre; de fait, on trouve du soufre fondu. Cela prouve que le soufre mou à 95° passe brusquement à l'état de soufre jaune ordinaire $S\alpha$; il abandonne par le fait de son changement allotropique assez de chaleur pour liquéfier une partie de la substance.

Le soufre en vapeur condensé dans l'air froid contient du soufre insoluble, tel est le cas du soufre en fleurs.

Puissance calorifique : le soufre octaédrique 2300 calories.
le soufre prismatique 2260 „

103. Propriétés chimiques du soufre. — C'est un corps analogue à l'oxygène par son atomicité et ses affinités. Chauffé à l'air, il s'enflamme à 250° c. Il s'unit au brome, à l'iode, au chlore, au phosphore, etc., et à la plupart des métaux. Sa combustion à l'air donne de l'anhydride sulfureux. Cette oxydation peut même se faire à la température ordinaire en présence de l'humidité; elle est assez active entre 35° et 40°, rapide entre 65° et 70°.

Le soufre pulvérisé, conservé dans un local humide, devient acide et ne peut plus être employé comme tel dans la fabrication de la poudre qu'il rendrait hygroscopique, à cause de la présence de l'acide sulfurique formé.

104. Usages du soufre. — Le soufre est surtout employé dans la fabrication de la poudre. Ce corps y favorise la propagation de la combustion, augmente ainsi la rapidité des réactions et accroît la force explosive; un surdosage en soufre diminue la vivacité de la poudre et la quantité de chaleur dégagée (à cause de la faible puissance calorifique du soufre comparée à celle du charbon de bois), la température des gaz diminue et la déflagration est tempérée.

Dans les poudres au chlorate de potassium, le soufre augmente considérablement la sensibilité à la percussion et à la friction.

Le soufre est énormément employé encore dans le soufrage des vignes : répandu en poussière fine sur les grappes, il tue un champignon microscopique, l'*oïdium Tuckerie*. C'est du reste un parasiticide très usité : on fabrique la pommade sulfurée alcaline pour le traitement de la gale.

La fabrication des allumettes consomme beaucoup de soufre, son odeur l'a fait généralement remplacer par la paraffine; il sert encore à la fabrication des sulfures, des hyposulfites, du sulfure de carbone, de l'anhydride sulfureux, à la vulcanisation du caoutchouc, dans l'industrie de l'acide sulfurique, etc.

105. Le soufre et les feux de cheminées. — Nous citerons encore l'application intéressante du soufre à l'extinction des feux de cheminées. Lorsque le feu se met dans la suie d'une cheminée, on se contente souvent d'occlure cette dernière sur le toit par des moyens quelconques. L'extinction se fait faute d'oxygène; mais dès que le tirage se fait à nouveau, le feu reprend immédiatement; la suie en effet, encore chaude, absorbe avec avidité l'air qui passe et s'enflamme spontanément; l'extinction définitive ne peut se faire ainsi. Ce phénomène ne se présente plus quand la suie s'éteint dans une atmosphère d'anhydride sulfureux.

Voici une expérience qui le prouve : faisons usage de quatre cloches sur mercure; deux renferment de l'oxygène, la troisième de l'acide carbonique, la quatrième de l'anhydride sulfureux. Coiffons une chandelle allumée avec la cloche remplie d'acide carbonique, l'extinction se produit rapidement; plongeons la chandelle dans la cloche à oxygène, elle se rallume aussitôt. Éteignons de nouveau

la chandelle avec la cloche renfermant de l'acide sulfureux; cette fois nous ne parvenons plus à la rallumer avec la cloche remplie d'oxygène.

L'anhydride sulfureux imprégnant la mèche carbonisée lui fait donc subir une transformation telle que l'inflammation spontanée est devenue impossible.

Il suffit de jeter dans la cheminée par l'ouverture supérieure, ou par le carneau de ramonage, du soufre en fleurs en quantité suffisante, proportionnée au volume de la cheminée, puis de la fermer de façon à empêcher tout tirage pendant un certain temps.

Il est facile de calculer combien de soufre il faut d'après la formule :

$$S + O^2 = SO^2$$

qui indique que 32 grammes de soufre se combinent à 32 grammes d'oxygène. Un mètre cube d'air renferme 210 litres d'oxygène, qui pèsent $210 \times 1{,}429 = 300$ grammes. Il faut donc 300 grammes de soufre pour absorber tout l'air d'un mètre cube d'air; les combustions s'arrêtent lorsque la moitié de l'oxygène est absorbée.

Dans tous les ménages on devrait avoir une provision de soufre en fleurs en prévision de l'extinction facile des feux de cheminée.

On a aussi proposé le soufre pour l'extinction du feu dans les cales de navires.

§ 2. — INDUSTRIE DU SOUFRE.

106. — Le soufre est abondant dans la nature à l'état natif, c'est-à-dire, de soufre à l'état non combiné et surtout à l'état de combinaisons dont les plus importantes sont : les sulfures, les sulfo-arséniures, les sulfo-antimoniures, les sulfates. Presque tout le soufre employé provient du soufre natif. Ce soufre se trouve principalement dans le voisinage de volcans éteints ou en éruption; aucun pays n'en contient plus que la Sicile. Quelquefois il existe en dépôts superficiels et provient de dégagements gazeux ou fumerolles actuellement encore en activité. Les fumées qui se dégagent du sol dans les solfatares sont composées de vapeur d'eau, d'acide sulfureux et d'hydrogène sulfuré.

D'autres fois, le soufre est extrait de gisements profonds au moyen de galeries de mine.

On peut expliquer la formation du soufre natif de la façon suivante : l'eau de la mer avoisinant toujours les volcans, pénètre dans les couches profondes du sol ; elle y rencontre des sulfures à très haute température, les décompose en donnant des oxydes et de l'hydrogène sulfuré :

$$Fe^2S^3 + 3H^2O = Fe^2O^3 + 3H^2S.$$

Le soufre se dégageant sous forme d'hydrogène sulfuré, arrive dans les fissures ou dans les tufs volcaniques chauds et y subit une combustion incomplète qui produit une première précipitation de soufre :

$$H^2S + O = H^2O + S.$$

La réaction suivante peut aussi avoir lieu :

$$3H^2S + O^3 = H^2O + SO^2 + 2H^2S.$$

Il se dégage ainsi un mélange intime de vapeur d'eau, d'anhydride sulfureux et d'hydrogène sulfuré qui laisse aussi précipiter du soufre :

$$SO^2 + 2H^2S = 2H^2O + S^3.$$

Voici comment nous pouvons démontrer la décomposition mutuelle de l'anhydrique sulfureux et de l'hydrogène sulfuré. Faisons usage d'un grand ballon à trois tubulures ; par une des tubulures, introduisons un courant d'hydrogène sulfuré, par l'autre un courant d'anhydride sulfureux. L'air du ballon est humide. Il se dépose bientôt sur les parois du ballon une couche jaune de soufre.

Les cratères des volcans et les fissures de leurs flancs sont souvent remplis de soufre. Fernand Cortez, pendant la conquête du Mexique, retira, au risque de sa vie et en dépit des craintes superstitieuses de ses hommes, le soufre nécessaire à la fabrication de la poudre, du cratère du grand volcan Popocatepelt.

Il est bien connu que les cratères des volcans en activité dégagent

constamment des gaz et des vapeurs, du soufre en vapeur et de l'anhydride sulfureux.

107. Gisements principaux du soufre. — Les plus importants se trouvent en Sicile. Les minerais de soufre d'Italie sont disposés pour la plupart dans le terrain miocène en couches et parfois en amas au milieu du gypse, ou bien entre le gypse (au toit) et le tripoli (au mur). La gangue se compose de calcaire ou de marne et le soufre y est associé soit à l'état de mélange intime, soit en petites géodes ou en filets minces. La puissance des gisements est très variable, mais généralement assez grande; elle varie de 3 à 30 mètres. Les couches, quoique souvent redressées et contournées, ont une allure assez régulière.

La région la plus riche en soufre est la Sicile où les provinces de Caltanisetta, Catania, Girgenti, Messina, etc., comptent dans leur ensemble plus de 350 mines en activité et 30.000 ouvriers. Après la Sicile viennent comme importance les Romagnes et les Marches, avec 15 mines et 3.217 ouvriers; suivent en dernier lieu les provinces d'Avellino et Catanzaro dans le Napolitain; la production totale est d'environ 460.000 tonnes d'une valeur de 45.000.000 de francs. On extrait encore du soufre à Cracovie, en Croatie (Radoboj), en Espagne dans l'Aragon (Téruel), en Murcie (Lorca), dans la province d'Alicante (Valence), dans l'Andalousie (Arcos).

L'extraction en Espagne devient de plus en plus active; enfin les demandes de soufre augmentant d'année en année, on a repris en Islande d'anciennes soufrières.

La production italienne dépasse cependant de beaucoup celle des autres pays, même pris ensemble.

108. Classement du minerai. — Le minerai est ordinairement divisé en trois catégories :

1° Minerai très riche contenant 30 à 40 % de soufre. Rendement 20 à 25 %.

2° Minerai riche contena. 25 à 30 % de soufre. Rend. 15 à 20 %.

3° Minerai ordinaire contena. 20 à 25 % de soufre. Rend. 10 à 15 %.

EXTRACTION DU SOUFRE DE SES MINERAIS.

109. 1° **Méthode par fusion.** — Elle est appliquée au minerai exceptionnellement riche, contenant au moins 50 % de soufre. On fait usage d'une grande chaudière en fonte placée au-dessus d'un foyer, elle est remplie de minerai et chauffée de 120° à 130°. Le soufre en fondant abandonne la gangue, qui gagne le fond de la cuve d'où on peut l'enlever avec des passoires. Le soufre est versé au moyen d'une espèce de grande cuiller dans une auge en fonte. Le bloc refroidi est cassé au merlin et on expédie le soufre vers les usines de raffinage, soit en vrac, soit dans des tonneaux.

Les gangues renferment encore à peu près la moitié du soufre; elles sont considérées comme minerais moyens et traitées par une des méthodes suivantes.

110. 2° **Méthode par distillation au moyen des fours dits D'Oppioni.** — Elle s'applique aux minerais pauvres, aux sables imprégnés de soufre, etc. Le four a la forme allongée et une section verticale en forme de trapèze, la grande base vers le bas. Il renferme douze pots ayant la forme des anciens vases étrusques; ils sont en terre réfractaire et disposés en deux séries parallèles. Les pots ne reposent pas directement sur le sol du four, mais bien sur deux petits murs parallèles aux grands côtés de l'oppione. Ces murs, servant de fromages, facilitent à la flamme l'échauffement de la partie inférieure du vase. Les cols des vases sont engagés dans la voûte supérieure, de façon à permettre le chargement par l'extérieur. Chaque pot porte latéralement en haut un tube pour laisser dégager les vapeurs du soufre qui se condensent dans un pot semblable placé hors du four. Tous les pots de distillation et de condensation peuvent être fermés au moyen de couvercles.

Le combustible est le bois qu'on jette sur l'aire du four contre les supports des pots. Ceux-ci sont chargés chacun de vingt à trente kilogrammes de minerai, on chauffe vers 450°, ce qui produit l'ébullition et la distillation du soufre. La vapeur se condense dans les vases extérieurs sous forme de soufre liquide. Le minerai est convenablement épuisé, mais le soufre obtenu n'est pas tout à fait pur;

l'ébullition tumultueuse provoque l'entraînement d'impuretés dans le vase de condensation. La méthode a, de plus, l'inconvénient d'exiger l'emploi du bois, qui est un combustible coûteux.

111. 3° **Méthode des calcaroni.** — Les calcaroni sont des espèces de vastes meules faites avec les minerais de soufre. On commence par disposer sur le sol une aire circulaire en briques, elle est assez fortement inclinée et composée de deux plans qui se coupent suivant une arête diamétrale qui suit la ligne de plus grande pente. Le soufre fondu en ruisselant sur cette aire se rassemble dans cette sorte de gouttière centrale et se dirige vers un trou de coulée. L'aire est fermée par un mur circulaire portant une ouverture de coulée à hauteur de la partie la plus basse de la gouttière. On dispose le minerai, les morceaux les plus gros et les plus résistants en bas et on continue jusqu'à hauteur du mur d'enceinte avec des morceaux plus petits, on termine la meule par une forme sphérique ; on a eu soin, pendant l'opération, de ménager dans la masse des espèces de cheminées verticales qui servent à l'allumage et à la circulation d'un peu d'air. La meule est recouverte d'une chemise de minerai menu ou même en poussière.

Ces meules ont de très grandes dimensions : leur volume atteint jusque 1000 mètres cubes.

On met le feu en introduisant dans les cheminées des morceaux de bois imbibés de soufre. La chaleur destinée à la fusion du soufre est donc due à la combustion d'une partie du minerai. Le tas bientôt s'échauffe et le soufre coule et ruisselle sur l'aire inférieure; de là il est reçu dans un bassin et moulé en pains de la forme de pyramides tronquées appelées *ballates*.

Un calcarone de 100 à 120 mètres cubes demande de 30 à 35 jours pour s'épuiser.

Un calcarone de 400 à 500 mètres cubes demande de 50 à 60 jours pour s'épuiser.

Un calcarone de 800 à 1000 mètres cubes demande de 80 à 90 jours pour s'épuiser.

Le rendement est d'environ 60 %.

Le procédé est très économique, quoiqu'il y ait une grande perte

le soufre qui sert en partie à échauffer la masse; mais ce combustible est encore à meilleur marché que le bois et la houille.

Les calcaroni dégagent des torrents d'anhydride sulfureux, bientôt transformé en acide sulfurique, lequel, se répandant dans l'air, détruit aux environs toute végétation. Le gouvernement italien ne permet, à cause de cela, l'emploi des calcaroni, que de juillet à janvier.

PROCÉDÉS NOUVEAUX.

112. Procédé de M. De la Tour-Dubreuil. — L'inventeur fait usage d'une solution concentrée de chlorure de calcium telle que l'ébullition se fait à 120° c.; on emploie des cuves rectangulaires accouplées et inclinées. Le liquide bouillant est envoyé alternativement d'une cuve épuisée dans l'autre cuve remplie de minerai; grâce à la température du liquide, le soufre fond et abandonne la gangue. L'extraction est presque complète, le soufre est pur et l'exploitation peut se faire toute l'année.

113. Méthode Emile et Pierre Thomas. — On fait ici usage de la vapeur d'eau surchauffée à 130°. Le minerai est placé dans un cylindre de tôle vertical perforé de trous. Ce cylindre est enveloppé d'un autre cylindre en tôle forte revêtue de bois. On injecte la vapeur, le soufre fond et s'écoule dans un récipient. Le chargement est de 3500 kilogr. environ; il est épuisé au bout de 2 heures.

114. Système Condy-Bollmann. — Il est basé sur l'emploi du sulfure de carbone, lequel est fabriqué sur les lieux. Les appareils consistent en des cylindres en fonte de deux mètres de haut et de 0m80 à 0m90 de diamètre; on y descend des paniers en osier dans lesquels on place le minerai. Une série de 5 à 6 cylindres, disposés en lessivage méthodique, reçoit le sulfure de carbone et le laisse sortir complètement saturé (25 à 30 °/₀ de soufre). Les communications entre les cylindres sont établies de manière que le sulfure de carbone le plus pur passe toujours sur le minerai le plus épuisé. Le sulfure de carbone, saturé de soufre, est ensuite distillé et condensé. Dans la cornue de distillation, il reste le soufre, on surchauffe pour le fondre et on le moule.

Le sulfure de carbone ainsi employé, épuise parfaitement l minerai; seulement dans les pays chauds, c'est un liquide dangereu à manier à cause de sa grande volatilité et de sa très facile inflam mation, ce qui amène des dangers très grands d'explosion. C'est e outre une substance délétère et l'on ne peut, même avec un bo lutage, empêcher que ses vapeurs se dégagent dans l'air.

Remarque. — Les procédés nouveaux ne peuvent lutter sur le terrain économique contre le procédé des calcaroni. Plus des neuf dixièmes du soufre mis dans le commerce sont obtenus par ce dernier procédé. Le restant s'obtient soit par distillation avec les fours d'Oppioni, en usage surtout dans les Romagnes, soit par dissolution à l'aide d'appareils à vapeur.

La rareté des combustibles ordinaires, à proximité des mines, et les propriétés toutes spéciales que présente le soufre quand il est chauffé au delà de son point de fusion, rendent le traitement de ces minerais beaucoup plus difficile qu'il ne paraît au premier abord.

115. Analyse de soufre brut de Sicile (Mène). —

Soufre (soluble dans le sulfure de carbone).	90.1	96.2	91.3	90.0	88.7
Substance charbonneuse	1.0	0.5	0.7	1.1	1.0
Soufre (insoluble dans CS^2) . . .	2.0	„	1.5	1.1	1.7
Sable siliceux	2.3	1.5	3.3	2.8	0.5
Carbonate de calcium (parfois célestine = sulfate de strontium).	4.1	1.8	2.5	3.0	2.8
Pertes	0.5	„	0.7	1.0	0.3

La partie inférieure du pain de soufre brut contient jusque 35 % de matières étrangères.

§ 3. — EXTRACTION DU SOUFRE DE SES COMBINAISONS.

116. Pyrite de fer. — La composition de ce corps est FeS^2, il renferme 53,30 % de soufre. Lorsqu'on chauffe ce minéral en vase clos, on obtient, par distillation, du soufre, d'après les formules suivantes :

1° $FeS^2 = FeS + S$ rendement théorique 26 % de soufre.
2° $2FeS^2 = Fe^2S^3 + S$ „ „ 13 % „
3° $3FeS^2 = Fe^3S^4 + S^2$ „ „ 17 % „
4° $7FeS^2 = Fe^7S^8 + S^6$ „ „ 23 % „

On se contente de retirer 13 à 14 % de soufre d'après la formule 2°; résidu est pulvérulent, tandis que le protosulfure de fer FeS fond met bientôt les appareils de distillation hors de service. Le résidu is en tas et humecté s'oxyde et donne du sulfate de fer.

La distillation s'opère dans des cornues en poterie, disposées en ente dans un foyer; les cornues ont la forme de pyramides tronuées placées horizontalement. La grande base sort du four et sert u chargement, elle peut être close par un couvercle : la petite base ait saillie de l'autre côté du four et porte un tube de dégagement qui conduit les vapeurs de soufre dans un récipient rempli d'eau.

Ce soufre est presque toujours arsénical; on doit en interdire usage en pyrotechnie.

Composition des pyrites de Theux et de Vedrin. —

Soufre	45,01	50,00
Fer	89,68	43,61
Plomb	0,37	„
Zinc	1,80	1,75
Gangue insoluble dans les acides .	12,23	2,85
Oxygène en excès.	0,32	0,18
Humidité	0,24	0,10
Carbonate de chaux	„	1,65
Arsenic	moyenne	0,10

L'extraction du soufre des pyrites par distillation, est abandonnée. ous le premier empire, la Sicile ayant été bloquée, le soufre arrivant plus en France, le gouvernement français avait installé Vonèche et à Vedrin des usines de distillation des pyrites.

117. Extraction du soufre du gaz de houille. — Lorsqu'on tille de la houille renfermant de la pyrite de fer, ce qui est le général, il se forme de l'hydrogène sulfuré qui se mêle au gaz lairage; celui-ci doit en être absolument débarrassé.

On fait passer le gaz sur de l'oxyde de fer, qui absorbe l'h gène sulfuré en se transformant en sulfure de fer :

$$Fe^2O^3, 3H^2O + 3H^2S = Fe^2S^3 + 6H^2O.$$

Après sulfuration complète, la masse pulvérulente est étalé le sol et humectée. Sous l'influence de la macération à l'a sulfure se transforme en oxyde et abandonne du soufre :

$$Fe^2S^3 + 3H^2O + O^3 = Fe^2O^3, 3H^2O + S^3;$$

puis de nouveau :

$$Fe^2O^3, 3H^2O + S^3 + 3H^2S = Fe^2S^3 + S^3 + 6H^2O.$$

Une nouvelle macération donne :

$$Fe^2S^3 + S^3 + 3H^2O + O^3 = Fe^2O^3, 3H^2O + S^6$$

et ainsi de suite. La quantité de soufre augmente de plus e et atteint 40 à 50 %; la régénération alors cesse et la reste noire.

En traitant cette espèce de minerai artificiel par la distill par la vapeur d'eau surchauffée, par le sulfure de carbone, o en retirer le soufre qui y est mêlé.

D'après la méthode Hills, on grille le mélange dans un fou former de l'anhydride sulfureux, destiné à la fabrication de l sulfurique; le résidu d'oxyde de fer rentre à la purification d

La houille employée annuellement à Londres pour la fabri du gaz contient dix millions de kilogrammes de soufre, corr dant à 30.625.000 kilogrammes d'acide sulfurique.

114. Extraction du soufre des sulfates. — Les sulfates très abondants peuvent, à l'occasion, servir à l'extraction du s On transforme le sulfate en sulfure par le chauffage au roug du carbone. On arrose le sulfure avec de l'acide chlorhydri se dégage de l'acide sulfhydrique; on le brûle en partie, produit de l'anhydride sulfureux. Ce gaz, en présence de l sulfhydrique, donne, dans l'air humide, du soufre.

$$SO^4Ca + 2C = 2CO^2 + CaS$$
$$CaS + 2HCl = CaCl^2 + H^2S$$
$$2H^2S + SO^2 = 2H^2O + S^3.$$

§ 4. — RAFFINAGE DU SOUFRE.

On raffine le soufre brut en le distillant dans des cornues et en condensant les vapeurs dans de grandes chambres froides. Le soufre raffiné se trouve dans le commerce sous forme de soufre en canons et de soufre en fleurs.

118. Appareil Lamy. — Il comprend dans ses parties essentielles : 1° deux cornues cylindriques de 1^m50 de long et de 0^m50 de diamètre; ces cornues sont fermées vers l'avant au moyen d'un couvercle mobile et sont réunies vers l'arrière, avec la chambre de condensation, au moyen d'un tube recourbé en col de cygne. Les cornues peuvent être complètement entourées par les flammes d'un foyer; 2° une chambre de condensation; elle est cubique et construite en briques; son volume est, en moyenne, de 100 mètres cubes. La partie inférieure de la chambre est formée de deux plans légèrement inclinés vers un trou de coulée. Une des parois verticales possède une porte muraillée en temps ordinaire. Une soupape de sûreté équilibrée est disposée à la voûte afin de prévenir l'effet des explosions intérieures sur les murs de la chambre; une glissière, qu'on manie du dehors, permet d'interrompre la communication entre la cornue et la chambre de condensation dans le cas du nettoyage d'une cornue; on évite ainsi l'introduction, dans les appareils, de l'air atmosphérique, ce qui occasionne la combustion d'une certaine quantité de soufre, et des dangers d'explosions. Celles-ci proviennent de la présence habituelle d'hydrocarbures, de matières organiques, etc., dans le soufre brut; la distillation produit alors une certaine quantité de gaz, entre autres l'hydrogène sulfuré qui, se dégageant dans la chambre, y produit avec l'air un mélange explosif; une parcelle de soufre enflammé suffit pour provoquer l'explosion, laquelle peut, quelques fois répétée, provoquer la dislocation de la chambre.

3° Au-dessus des cornues de distillation se trouve un réservoir ou réchauffeur, dont la partie inférieure est chauffée par les flammes perdues du foyer. Il est rempli de soufre brut qui fond, les impuretés

lourdes se précipitent et le liquide s'écoule par un tuyau dans les cornues de distillation. La distillation est ainsi précédée d'une purification par décantation.

Les cornues reçoivent alternativement 300 kilogrammes de soufre provenant du réchauffeur, la distillation de cette masse dure huit heures. Le rendement par 24 heures est donc de 1800 kilogrammes.

Certains fours de distillation contiennent 8 cornues.

On peut, à volonté, obtenir le *soufre fondu en canons* ou le *soufre sublimé dit en fleurs*. Cela dépend uniquement de la température de la chambre de condensation. En supposant que celle-ci soit entièrement froide et qu'une distillation après chômage commence, les vapeurs de soufre saisies par le froid se condensent et tombent sous forme de poussière ténue sur les parois et sur le sol; si la distillation est active, la chaleur abandonnée par le fait de la condensation, élève bientôt la température de la chambre au-dessus de 120° et le soufre fond. Il faut donc mener la distillation de telle manière, que cette température ne puisse être atteinte. On peut arriver à ce résultat en distillant lentement, c'est-à-dire en ne faisant usage que d'une seule cornue au lieu de deux, de trois, etc.; ou bien, si l'on désire marcher plus activement, il faut construire des chambres de condensation beaucoup plus vastes (en fait, certaines atteignent une capacité de 600 mètres cubes), à parois plus minces, frappées par les vents froids. Avec cette dernière disposition, il est difficile de fabriquer autre chose que du soufre en fleurs; avec la première le rendement par journée de travail diminue dans de grandes proportions. Aussi ce soufre coûte-t-il plus cher que le soufre en canons.

Le soufre fondu est coulé dans des moules en bois légèrement coniques, le démoulage donne des canons de soufre.

Pour le soufre en fleurs, on laisse refroidir la chambre, on ouvre la porte pratiquée près du sol et on balaie la fleur de soufre.

119. Appareil de Court et Déjardin. — Dans l'appareil précédent, les cornues sont chauffées par en dessous, la viscosité du soufre chauffé à 440° est moins grande que celle du soufre chauffé à 350°; il se forme ainsi à la surface du soufre pâteux qui se boursoufle sous

l'influence des vapeurs du fond et il est projeté dans la chambre en entraînant beaucoup d'impuretés.

Dans l'appareil Déjardin, le vase distillatoire est lenticulaire, les gaz du foyer chauffent d'abord la paroi supérieure et s'échappent dans la cheminée sous la paroi inférieure ; par ce dispositif, l'ébullition se fait à la surface du bain de soufre et les projections sont évitées.

La durée de l'appareil Déjardin est aussi plus longue que celle de l'appareil de Lamy.

Remarque. — La fleur de soufre non lavée à l'eau est presque toujours acide, elle rougit le papier de tournesol. Elle se forme en effet dans une chambre remplie de vapeurs d'anhydride sulfureux, qui se transforme bientôt à l'air humide en acide sulfurique. Nous n'avons pas besoin de dire que ce soufre doit être exclu de la fabrication de la poudre de guerre, qu'il rendrait hygroscopique. Son emploi dans les mixtures renfermant du chlorate de potassium, pourrait donner lieu à des inflammations spontanées. Le soufre en canons n'a pas ce défaut, l'anhydride disparaissant pendant la fusion.

La fleur de soufre n'est pas entièrement soluble dans le sulfure de carbone ; elle renferme du soufre amorphe insoluble, parfois en proportions considérables ; les bonnes fleurs fines en contiennent jusque 35 %.

§ 5. — ESSAIS DU SOUFRE.

120. Acidité. — Nous avons vu que le soufre en fleurs est toujours acide ; on peut le rendre neutre par des lavages à l'eau. Le soufre en canons finement pulvérisé et conservé dans des locaux humides peut devenir acide, ce qui doit le faire rejeter des usages militaires.

Pour constater le défaut, on fait bouillir le soufre avec de l'eau distillée, puis on essaie le liquide avec le papier de tournesol. Cet essai est suffisant.

121. Matières terreuses. — Cette recherche est surtout applicable au soufre brut ; on enflamme un poids donné de soufre dans une capsule de porcelaine tarée. Le résidu de l'incinération est pesé. Le soufre bien raffiné brûle sans laisser de cendres.

414296

122. Arsenic. — Ce corps ne se trouve que rarement dans l soufre de Sicile; il peut provenir du mélange d'un soufre retiré de pyrites, généralement arsénifères, avec du soufre de Sicile. Cett recherche sera donc rarement faite. La présence de l'arsenic doi faire rejeter le soufre des emplois militaires.

On examine attentivement le soufre trituré étalé en mince couch sur une feuille de papier blanc, le sulfure d'arsenic ou réalgar étan rouge vif, tranche sur le fond jaune du soufre.

On peut faire usage de l'appareil de Marsh. On transforme l sulfure d'arsenic en un composé oxydé soluble; pour cela on mélang intimement une partie de soufre arsénifère avec cinq parties d carbonate de sodium sec et dix parties de salpêtre. On projett peu à peu la masse dans un creuset en porcelaine chauffé au rouge puis on donne un coup de feu pour fondre. Le soufre se transform en sulfate et le sulfure d'arsenic en arséniate. Après refroidisse ment, on reprend par de l'eau distillée qui dissout le tout et o introduit une partie du liquide dans l'appareil de Marsh.

Celui-ci se compose d'un petit flacon de Woulf à deux tubulures dans lequel on produit un dégagement d'hydrogène par l'action d l'acide sulfurique très dilué sur le zinc. Comme l'acide et le zin contiennent souvent de l'arsenic, il faut d'abord essayer l'apparei à *blanc*. Le tube de dégagement du gaz est suivi d'un tube en verr réfractaire placé horizontalement et terminé en pointe fine. Le je d'hydrogène étant enflammé, on écrase la flamme au moyen d'u tesson de porcelaine qui ne doit pas noircir. Si des taches noire viennent à se produire, il faut rejeter le contenu du flacon et l remplacer par des matières plus pures.

L'essai à blanc ayant donné de bons résultats, on introdu dans le flacon un peu du liquide arsénical obtenu précédemmen L'arséniate de potassium est réduit par l'hydrogène avec formati d'hydrogène arsénié AsH^3, poison des plus redoutables; ce gaz décompose à la chaleur rouge sombre en arsenic et en hydrogèn

Si pendant le dégagement du gaz, on chauffe une partie du tu de verre réfractaire au rouge sombre, de l'arsenic se dépose da la partie froide en un anneau noir miroitant.

On peut aussi enflammer le gaz et écraser la flamme au moy

d'un tesson de porcelaine, comme on l'a fait pour l'essai à blanc; on obtient aussitôt des taches noires d'arsenic. La réaction est d'une extrême sensibilité.

L'aspect de la flamme est aussi caractéristique; dès que le liquide contenant l'arsenic est versé dans le flacon, le dégagement gazeux est activé et la flamme prend une teinte livide et violacée.

Il est à remarquer que les composés de l'antimoine fournissent des taches analogues à celles de l'arsenic et il est très important de pouvoir les distinguer.

Les taches d'arsenic formées sur le tesson de porcelaine sont brillantes, d'un brun noir; elles disparaissent par une chaleur élevée. Celles d'antimoine sont ternes, d'un noir gris et peu volatiles.

Les taches arsénicales sont solubles dans l'acide azotique; à froid, il y a formation d'acide arsénieux, la solution neutralisée par l'ammoniaque précipite en jaune par l'azotate d'argent ammoniacal (formation d'asénite d'argent); si l'on opère à chaud, il se forme de l'acide arsénique qui donne, avec l'azotate d'argent ammoniacal, un précipité rouge brique d'arséniate d'argent soluble dans les acides et l'ammoniaque.

On peut encore dissoudre les taches noires d'arsenic dans le chlorure de chaux, qui n'a pas d'effet sur l'antimoine.

Au lieu de faire usage de l'appareil de Marsh, on peut essayer directement la solution d'arséniate de potassium par l'azotate d'argent ammoniacal, mais ce moyen est moins sensible. Il faut avoir préalablement soin de détruire tout le carbonate sodique en excès qui a servi à la désagrégation, par addition prudente d'acide azotique.

Si le soufre contient beaucoup d'arsenic, on simplifie encore la recherche en le faisant digérer dans de l'ammoniaque à 70° c. Le sulfure se dissout, la liqueur est filtrée, on l'additionne d'acide chlorhydrique qui précipite le sulfure d'arsenic.

On peut à la solution ammoniacale ajouter un excès de solution ammoniacale de nitrate d'argent. Il se précipite du sulfure d'argent qu'on pèse :

$$As^2S^3 + 6AzO^3Ag = 3Ag^2S + 2AsO^3Ag + 6AzO^2.$$

On calcule la quantité d'arsenic correspondant.

SECTION II.

Fabrication de la poudre noire.

CHAPITRE I.

TRITURATION, MÉLANGE & COMPRESSION DES MATIÈRES PREMIÈRES — GRENAGE, LISSAGE, SÉCHAGE & ÉPOUSSETAGE.

§ 1. — TRITURATION, MÉLANGE ET COMPRESSION.

123. — La fabrication de la poudre noire consiste en un mélange parfait de salpêtre, de soufre et de charbon de bois en proportions déterminées.

Ces proportions varient légèrement d'un pays à l'autre pour les poudres de guerre, les poudres de chasse et les poudres de mine. De faibles changements dans les proportions font varier les qualités des poudres; leur inflammabilité, due surtout à la présence du soufre, varie peu avec les dosages. Un excès de charbon accélère la combustion dans certaines limites, l'excès de salpêtre la ralentit.

124. Composition de la poudre dans les différents pays (pour fusils).

PAYS	COMPOSITION.			CHARBON ROUX.	DENSITÉ ABSOLUE.	DENSITÉ GRAVIMÉTRIQUE.	GRAINS AU GRAMME.	ÉPAISSEUR DES GRAINS.	POIDS DE LA BALLE.	POIDS DE LA CHARGE.	VITESSE INITIALE.
	NITRE.	SOUFRE.	CHARBON NOIR.								
Belgique	75	12,5	12,5	"	1,578	915	850 (max.)	1^{mm} — $1^{mm}5$	25 gr.	5.20	430
Roumanie	75	10	15	"	1,735	960	496 (max.)	$\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{20}$ pouce anglais.	31.1	5.50	414
Angleterre	75	10	15	"	1,745	930	660-700	0.6 à 1.8	31.1	5.50	385
Italie.	75	10	15	"	1,700	910	5000	0.4 à 0.7	20	4.00	430
France	75	10	15	"	1,740	937	2000	0.6 à 12	25	5.25	430
Républ. Argentine .	75	10	15	"	1,745	930	660-700	0.6 à 1.8	31.1	5.50	"
Allemagne	77	9	14	"	1,685	920	1750	0.2 à 1.2	25	5.00	435
Suisse	75	11	14	"	1,750	940	"	"	20	4.00	430
Espagne.	75	12,5	12,5	"	1,700	980	"	"	25	5.00	430
Russie	77	8	"	15	1,765	930	"	0.5 à 1.1	24	5.09	43
Chine (avant J.-C.).	72,6	8,4	19	"	"	"	"	"	"	"	"
Arabie (XVIe siècle).	74	11	15	"	"	"	"	"	"	"	"
France (XVIe siècle).	75	12,5	12,5	"	"	"	"	"	"	"	"

N. B. Ces poudres sont actuellement remplacées par les poudres sans fumée. Nous ne les donnons qu'au point de vue historique.

125. Opérations successives. — La fabrication de la pouc comprend les opérations successives suivantes :

1° Le *dosage*, qui consiste à peser les éléments de la pouc suivant des proportions données.

2° La *trituration*, qui a pour but de pulvériser les éléments de poudre, afin de permettre leur mélange intime.

3° Le *mélange* du salpêtre, du soufre et du charbon de bois. l appareils doivent pouvoir mêler ces trois substances d'une fa parfaitement uniforme.

4° La *compression*, qui donne à la poudre la densité requise. densité a une grande influence sur la qualité de la poudre. Celle est d'autant plus lente que sa densité est plus élevée. La tension d l'intérieur d'un canon augmente avec le calibre, il faut donc, au et à mesure que celui-ci s'accroît, exiger des poudres de plus en p denses. Celles-ci brûlent de plus avec beaucoup de régularité p couches concentriques; ces qualités sont ainsi en faveur de la p gressivité des effets de la poudre.

5° Le *grenage*, qui réduit la galette obtenue par la compression grains plus ou moins gros. La grosseur des grains règle la vite de combustion de la poudre.

La forme des grains a une grande importance. On peut, avec poudres à grande densité, régler la surface en prise à la combusti aux différents instants du phénomène de la déflagration. Elle per aussi de régler la durée de la combustion d'après la durée du tr du projectile dans l'âme. La meilleure forme est le parallélépip aplati d'épaisseur constante qui est la dimension minimum du gr En donnant aux côtés de la base du parallélépipède une valeur c prise entre une et demie et deux fois cette dimension minim la combustion du grain se fait dans les meilleures conditions.

6° Le *lissage*, qui polit le grain, augmente quelquefois sa den et le rend moins hygroscopique; il diminue le poussier pendan transport en chariots.

7° Le *séchage* enlève l'eau qui imprègne les grains de pouc cette eau a été ajoutée afin de diminuer les dangers pendan fabrication.

8° L'*égalisage*, qui a pour but de classer les grains par ordre de grosseur.

9° L'*époussetage*, qui élimine le poussier du grain terminé.

Mélange, trituration et compression.

Ces trois opérations s'exécutent ordinairement dans les mêmes appareils. On fait usage de deux classes de procédés :

1° Les procédés simples : pilons, meules, tonnes.

2° Les procédés mixtes : tonnes et meules, tonnes et pilons, tonnes et presses.

Procédé des pilons.

126. — Ce procédé est déjà fort ancien puisqu'on signale l'établissement d'une usine à pilons en 1435 par Harscher à Nuremberg.

L'appareil se compose essentiellement d'une série de pilons soulevés successivement par un arbre à cames et qui retombent dans des mortiers creusés dans un gros madrier de bois.

Le moteur est généralement une roue hydraulique, quelquefois un manège. L'arbre de couche du moteur porte une grande roue dentée verticale engrenant deux roues dentées plus petites placées de part et d'autre du diamètre horizontal. Ces petites roues portent deux longs arbres centraux horizontaux armés d'un certain nombre de cames placées suivant une hélice. Ces cames soulèvent les pilons par l'intermédiaire de mentonnets. Grâce à la disposition des cames suivant une hélice, le soulèvement des pilons se fait alternativement et la résistance à la force est ainsi uniformément répartie. Un même appareil a donc deux séries de pilons; chaque série comprend une dizaine de pilons.

Le pilon se compose d'une pièce de bois de hêtre de section carrée; sa longueur varie de 2 à 3 mètres; son côté est de 10 centimètres; son poids en moyenne de 20 kilogrammes. La partie inférieure du madrier s'emboîte dans le logement piriforme d'une masse de bronze dur. Afin que celle-ci fasse corps parfait avec la flèche, on termine

cette dernière par un tenon rond qu'on fend à la scie; dans la fente on introduit un coin; le tenon ainsi disposé est introduit dans le creux de la tête en bronze, creux qui est plus large dans le fond qu'à la surface. Par le battement, la flèche s'introduit de plus en plus dans le logement de la masse de bronze et le coin ouvre graduellement les mâchoires du tenon, le serrage est bientôt parfait. La tête pèse environ 20 kilogrammes; le poids total du pilon est ainsi de 40 kilogrammes.

Ce poids varie un peu d'un pays à l'autre, mais il doit être le même pour tous les pilons d'une fabrique.

Les flèches des pilons se meuvent entre des pièces jumelles qui les obligent à se mouvoir bien verticalement. La flèche peut être arrêtée à un moment donné en la traversant par une cheville de fer qui s'appuie sur les jumelles; c'est ce qu'on appelle *mettre à la cheville*. La hauteur de chute est de 40 centimètres en moyenne; elle doit être la même pour tous les pilons. Il faut, en définitive, que la force vive et le travail de tous les pilons soient les mêmes.

A chaque pilon correspond un mortier. Tous les mortiers d'une même batterie sont creusés dans une épaisse poutre de bois dur; leur forme est sphérique allongée. Le fond du mortier se compose d'un morceau de bois très dur, placé fibres debout. Les axes des mortiers sont distants de 70 centimètres; leur profondeur est de 50 centimètres, et leur largeur de 40 centimètres. Un compteur de tours permet d'enregistrer le nombre de coups.

Travail. — On charge chaque mortier de 1 $\frac{1}{4}$ kilogramme de charbon, additionné de 1 kilogramme d'eau; on bat pendant une demi-heure à raison de 40 coups à la minute; on arrête.

On introduit alors dans chaque mortier 1 $\frac{1}{4}$ kilogramme de soufre (trituré à part), 7 $\frac{1}{2}$ kilogrammes de salpêtre en farine et $\frac{1}{2}$ litre d'eau. La charge totale de matière active est donc de 10 kilogrammes, additionnée de 15 % d'eau. Cette grande quantité d'humidité est nécessaire pour que la matière n'échappe pas et pour diminuer le danger. On bat à raison de 60 coups à la minute.

Toutes les heures on arrête et on change la matière de mortier afin d'éviter la formation d'agglomérés, ce qui empêche un

mélange parfait et augmente les dangers. Le contenu du mortier n° 1 est versé dans un réservoir ; la charge du mortier n° 2 va dans le n° 1, etc.; enfin, la charge du n° 1 va dans le n° 10. Le battage a lieu pendant onze heures ; on ne fait pas de rechanges pendant les deux dernières heures ; ni d'arrosage. Alors la matière, sous l'influence du choc, se comprime et forme un aggloméré dur appelé *galette*. Elle est enlevée et passe aux appareils de grenage.

Observation. — La méthode simple des pilons ne donne pas une trituration et un mélange parfaits. Le microscope révèle encore la présence de la fibre du charbon de bois ; la poudre n'ayant pas une homogénéité absolue donne des effets irréguliers.

Le travail des pilons offre des dangers incessants d'explosion. En raison de ces faits, la méthode est abandonnée partout.

Procédé des meules.

127. Un massif cylindrique, en maçonnerie, supporte une grande meule placée horizontalement ou *meule gisante*, sur laquelle roulent deux meules verticales. La meule gisante est munie de rebords pour que la matière ne tombe pas par terre. Un axe vertical en fer traverse le centre du massif et sert de pivot à la rotation des deux meules mobiles. Celles-ci sont réunies par un essieu en fer horizontal dont les fusées se meuvent dans des boîtes en bronze enchâssées au centre des meules, lesquelles tournent comme les roues d'une voiture. L'axe vertical porte un manchon dans lequel passe l'essieu des meules ; pendant la rotation de l'axe, l'essieu se meut dans un plan horizontal en entraînant les meules. La réunion est faite de façon à permettre à celles-ci de prendre de légers mouvements, dans le sens vertical, sans risquer de gauchir l'axe.

Les meules de Wetteren sont en chaux carbonatée fétide (Écaussines). Elles ont 2^m60 de diamètre et 0^m35 d'épaisseur. Leur poids est de 5000 kilogrammes. Les distances des meules à l'axe vertical sont respectivement de 0^m67 et 0^m93, afin qu'elles parcourent des pistes différentes. Derrière chaque meule se trouve un repoussoir qui glisse sur la meule gisante et qui ramène la matière à broyer sur la

piste parcourue par les meules. Un des repoussoirs se trouve à l'extérieur de la piste et l'autre à l'intérieur. Il arrive souvent que la matière colle sur les meules, ce qui peut amener à la longue des dangers; pour la détacher, on fait usage de *grattoirs*, espèces de couteaux en bronze ou en bois, placés parallèlement aux génératrices des cylindres et très rapprochés de ceux-ci.

Au lieu de pierre on peut adopter la fonte et cette matière, moulée en coquille, remplace peu à peu les anciennes meules. La pierre, en effet, toujours un peu gélive, peut abandonner des éclats sur la piste, d'où dangers d'explosions. Les meules en fonte sont disposées comme les meules en pierre; leur poids est de 5000 kilogrammes, leur diamètre est de $1^{m}50$ et leur largeur $0^{m}47$. La distance des deux meules à l'axe vertical est la même : $0^{m}675$.

Meules suspendues.

On a introduit à Wetteren des meules en fonte moulée en coquille, caractérisées par un faible diamètre, une grande largeur et un petit écartement de l'axe vertical de rotation. Cette disposition assure un travail de broyage et de mélange plus énergique. De plus, les meules sont suspendues à une faible distance de la piste en fonte, distance que l'on peut diminuer à volonté; de cette façon, on a l'assurance que jamais les meules, par suite de la disparition accidentelle de la matière à broyer, ne frottent contre le métal de la piste, ce qui offre de grands dangers. Voici comment les meules sont suspendues : l'arbre vertical de rotation porte à la partie supérieure une pièce de fonte horizontale à collier; elle sert de suspension à deux tiges de fer verticales une pour chaque meule; ces tiges sont terminées en bas par des étriers dans lesquels passent les fusées des meules. Chaque meule est encadrée par les tiges de suspension; on peut soulever celles-ci ou les abaisser par le jeu d'écrous, ce qui entraîne le soulèvement ou l'abaissement des meules. Ces meules sont devenues obligatoires depuis 1895.

Un dispositif spécial permet la levée des meules lorsqu'elles viennent à rencontrer sur la piste un corps trop dur. Afin de rendre ce mouvement indépendant dans les deux meules, on fait usage de deux demi-essieux coudés; on n'a ainsi à craindre aucun faussement.

Le mouvement est donné à l'axe vertical par l'intermédiaire d'engrenages coniques mus par la vapeur.

Les meules sont logées dans des bâtiments en bois de construction légère. La toiture a des gîtes de préférence en fer; on a remarqué dans les explosions de moulins que les gîtages en bois volaient au loin, tandis que ceux en fer restaient sur place.

Parfois aussi l'atelier est formé de trois murs épais; la quatrième face, dirigée vers la campagne, est constituée par une paroi légère en planches; on dirige ainsi l'explosion vers des parties non habitées. Dans quelques usines, l'explosion d'un moulin provoque l'inondation de la piste des moulins voisins.

Toutes les portes s'ouvrent de l'intérieur vers l'extérieur.

Mode de travail des meules. — Les meules agissent d'abord par leur poids, dont l'effet est un écrasement de la matière; mais le travail le plus énergique est dû à une torsion. La meule cylindrique a une tendance à rouler suivant une ligne droite; d'après la disposition que nous avons décrite, elle est obligée de décrire un cercle; son mouvement est donc celui d'une tangente à une circonférence; de là naît une friction énergique de la génératrice inférieure de la meule sur le plan de la piste. Cette friction, très vive, peut produire des explosions, c'est pourquoi il faut régler le poids des meules, leur largeur, la vitesse de leur course, le degré d'humidité de la matière pour empêcher ce danger. On avait même proposé l'emploi de meules sphériques roulant sur une meule plane, ou de meules tronconiques roulant sur une piste de même forme, mais les résultats furent peu satisfaisants au point de vue de la trituration et du parfait mélange, l'élément énergique du travail, la torsion, étant supprimé.

Le procédé des meules est bien préférable à celui des pilons; la nature fibreuse du bois disparaît complètement; le mélange est beaucoup plus parfait et les poudres plus régulières. On peut réduire la quantité d'eau de mouillage, ce qui permet d'obtenir une galette dense.

Travail. — On commence par triturer grossièrement les matières premières, puis on les mélange dans des proportions données;

25 kilogrammes de mélange ternaire sont versés sur la piste et on ajoute 1 $\frac{1}{2}$ litre d'eau au moyen d'un arrosoir. La trituration dure d'habitude 2 à 4 heures avec une vitesse de rotation de 3 tours à la minute. L'ouvrier humecte de temps en temps; la quantité d'eau ajoutée est du reste variable; elle dépend de la température ambiante, de l'état hygrométrique de l'air, de la plus ou moins grande sécheresse des meules en pierre qui absorbent ou restituent de l'eau.

Au bout de 3 heures, on opère le galetage; dans ce but, on fait tourner les meules avec une grande lenteur, environ un tour à la minute; les meules pèsent alors vigoureusement sur la matière, il se forme des croûtes plates, dures, appelées *galettes*.

La vitesse de rotation des meules pendant la trituration doit être bien régulière; l'expérience a démontré qu'il vaut mieux tourner rapidement et pendant un temps court, que tourner lentement pendant un temps plus long. On a aussi remarqué que la densité de la galette est en relation intime et croissante avec une trituration plus complète.

Procédé des tonnes.

128. Ce procédé, dit *révolutionnaire*, permet de fabriquer une grande quantité de poudre en temps de presse. Seulement la poudre obtenue n'est pas homogène et manque de densité.

On fait usage de tonnes cylindriques en fer, en bois, en cuir. Elles se meuvent autour d'un axe horizontal passant par le centre des parois planes, au moyen de poulies et de courroies. Une des douves porte une ouverture carrée que l'on peut fermer pendant la rotation au moyen d'un planche maintenue par un levier à vis. Elle sert au chargement et au déchargement.

Dans l'intérieur des tonnes et suivant les génératrices de la surface cylindrique se trouvent des liteaux formant saillies. En même temps que la matière à pulvériser, on introduit dans les tonnes des sphères de bronze appelées *gobilles*, qui, dans le mouvement de rotation, sont lancées dans tous les sens et hâtent considérablemeut la trituration. Les liteaux sont nécessaires pour empêcher que les gobilles,

par suite de la force centrifuge, se collent contre la paroi cylindrique et lisse de la tonne; il en résulte des chocs répétés faisant office de coups de marteaux, et la matière à pulvériser est rapidement écrasée.

Les tonnes en bois et en cuir, constituées comme les tonnes en fer, servent à la trituration et au mélange des composants de la poudre réunis; ici des dangers d'explosion sont à craindre.

La fabrication comprend :

1° Une trituration binaire de quatre heures avec des gobilles de bronze dans des tonnes en fer, chargées de 170^{k}5 de mélange salpêtre-charbon d'une part, et de 80 kilogr. de mélange soufre-charbon d'autre part. La tonne, à cet effet, comprend deux compartiments.

2° Une trituration ternaire de deux heures, avec gobilles de bois ou de bronze dans des tonnes de cuir.

3° La granulation s'opère en introduisant dans des tonnes de bois de 1^{m}65 de diamètre et de 0^{m}60 de long, des grains fins de poudre auxquels on ajoute progressivement du mélange ternaire, en y faisant arriver une petite quantité d'eau de pluie. La matière ternaire vient s'attacher à la surface des grains qui forment les noyaux et ils augmentent progressivement de volume en prenant la forme ronde.

On introduit dans le tonneau granulateur, 100 kilogrammes de noyaux (grains d'un diamètre inférieur à 2^{mm}2) et 50 kilogrammes de galles concassées (grains d'un diamètre supérieur à 5^{mm}) produits d'une opération précédente.

Un tube de cuivre percé de trous capillaires permet de faire arriver de l'eau en pluie fine à peu près perpendiculairement à la surface qui limite la masse de poudre pendant la rotation. Ce mouvement soulève fréquemment un maillet de bois qui vient frapper fortement les douves et empêche la matière d'y adhérer. On ajoute, par portions, le pulvérin.

On obtient des grains ronds qu'on égalise au moyen de tamis. Le diamètre des grains admis est de 3^{mm}4.

Cette poudre manque de densité.

Procédés mixtes.

129. *A*. **Tonnes et pilons.** — Le charbon de bois est pulvéris dans des tonnes en fer et tamisé; il en est de même du soufre. L nitre raffiné en farine est tamisé. On mélange les trois matières, e on soumet 10 kilogr. humectés de 1,5 kilogr. d'eau au battage sou les pilons. On bat d'abord lentement pendant une demi-heure, pui on fait suivre d'un battage pendant dix heures, à raison de 60 coup à la minute. On fait sept rechanges avec addition de 250 gramme d'eau, la pâte en retient 8 °/₀.

130. *B*. **Tonnes et meules.** — (Wetteren avant 1885.)

Dosage des composés binaires. — On fait deux mélange binaires : l'un composé de nitre et de charbon, l'autre de soufr et de charbon. Ces mixtures facilitent la trituration et hâtent mélange ternaire.

Dosage pratique.	1°	Salpêtre	45k735	Dosage pratique °/₀.	Salpêtre	44.265
		Charbon	5k925		Charbon	5.735
			51k660			50.000
	2°	Soufre	37k50		Soufre	36.058
		Charbon	14k50		Charbon	13 942
			52k00			50.000

Le soufre et le charbon de bois ont été préalablement broyés.

131. Pulvérisation du soufre. — A Wetteren, on emploie l soufre de Sicile raffiné en canons à Marseille, à Paris, à Rouen ou Anvers. On ne fait pas usage de soufre en fleurs, parce qu'il renferm un peu d'acide sulfurique qui est très avide d'eau. Le soufre e canons est broyé sous des meules, trituré ensuite dans une tonne d fer avec des gobilles de bronze et soumis à un tamisage qui fournit à l'état de poudre impalpable.

On met sous les meules 25 kg. de soufre à la fois; les meules fo trois tours par minute, et l'opération est terminée au bout d'u demi-heure.

Les meules sont de petites dimensions; elles ne pèsent que 1800 kg. chacune; plus lourdes, elles feraient adhérer le soufre à leur surface, et le travail deviendrait impossible. Le soufre retiré des meules est transporté à la tonne à triturer; celle-ci est en fer et munie à l'intérieur de 8 liteaux du même métal; elle reçoit un chargement de 60 kg. de gobilles de toutes dimensions et 50 kg. de soufre. La tonne fait dix-huit tours en une minute, et au bout d'une demi-heure la matière est réduite en poudre presque impalpable. Longueur de la tonne : 1m30; diamètre : 0m800.

On tamise ensuite le soufre; les tamis sont composés de : un crible en parchemin, un tamis en soie et un tambour en peau superposés. Ils sont réunis par trois, dans un cadre mobile auquel on imprime un mouvement de va-et-vient. Le tout est disposé dans une cage en bois. On met dans chaque tamis 2 kilogr. de soufre et 3 gobilles en bronze ou en bois; au bout de quelques minutes, le soufre est rendu en poussière impalpable dans le tambour en peau; le travail est assez rapide pour suivre celui des meules et de la tonne à triturer.

On a employé aussi un blutoir mécanique qui se compose de deux tissus disposés de manière à former deux cylindres concentriques; le premier tissu, celui de l'intérieur, est métallique et le deuxième est en soie, tous les deux du reste très fins; ces tissus sont montés sur un arbre en fer. On imprime à ce blutoir une vitesse de rotation de 40 tours par minute; on introduit le soufre venu de la tonne par petites parties dans le cylindre intérieur, qui laisse passer la poussière assez fine et retient le soufre resté à l'état granuleux.

Une légère pente règne suivant l'axe du blutoir; elle est nécessaire pour que l'opération s'effectue sur toute la longueur, et pour permettre au soufre en grains retenu dans le premier tissu de se rendre par une gouttière disposée à l'extrémité du blutoir dans une cuvette à ce destinée.

Le soufre en poussière impalpable est recueilli dans quatre maies placées sous le blutoir; le tout est recouvert d'une grande cage en bois qui empêche la matière de se répandre dans l'atelier. La longueur du blutoir est de 4 mètres. Le diamètre du premier tissu est de 0m60; celui du second de 0m68.

132. *B.* **Trituration des composés binaires.** — Cette trituration se fait dans des tonnes en fer constituées comme à l'ordinaire. Longueur de la tonne : 1 mètre; diamètre : $1^{m}165$; gobilles en bronze de 10, 15 et 20 millimètres.

Travail : 100 kilogrammes de gobilles + 2 sacs nitre-charbon ($103^{k}32$) ou 2 sacs soufre-charbon. Vitesse 23 tours à la minute.

Il faut deux heures et demie pour le mélange du nitre-charbon; on fait usage de deux tonnes.

Il faut trois heures et demie pour le mélange du soufre-charbon; on fait usage de cinq tonnes.

De cette façon, la trituration dure le même temps pour les deux catégories de mélange; on arrête, on enlève la porte et on la remplace par une porte en grosse toile métallique; l'ouverture est amenée en bas, et le pulvérin s'écoule au travers de la toile dans une maie, tandis que les gobilles sont retenues dans la tonne.

133. *C.* **Dosage des composés ternaires.** — On prend : 41 $\frac{2}{3}$ kg. de nitre-charbon + 8 $\frac{1}{3}$ kilog. de soufre-charbon; au total 50 kilog., ce qui correspond à un mélange dont la composition est la suivante :

Nitre.	73,775
Charbon.	14,205
Soufre	12,020
	100,000

La poudre doit finalement avoir la composition :

Nitre.	75,000
Charbon.	12,200
Soufre	12,500
	100,000

Le dosage pratique diffère donc de la composition du produit final; cela provient de la tendance qu'a le charbon de bois de s'échapper pendant les triturations; il faut en outre tenir compte de la quantité d'eau que les matières renferment, ainsi que des sels et des cendres du charbon.

134. *D.* **Trituration et mélange des composés ternaires.** — On fait usage de tonnes mélangeoires en cuir de vache. Le cuir est maintenu entre douze liteaux intérieurs et extérieurs en bois; leur saillie est de 4 centimètres. Les tonnes sont divisées en deux compartiments par une cloison médiane en chêne; chacun des compartiments a une porte pleine et une porte treillissée. L'axe de rotation est recouvert d'un manchon en bois garni de cuir. Longueur des tonnes 1^m20; diamètre 1^m30.

Travail : 25 kilogrammes de gobilles de bois dans chaque compartiment, plus un sac de mélange ternaire (50 kilogrammes); vitesse de rotation : 12 tours à la minute pendant une heure au plus.

135. *E.* **Trituration, mélange et compression sous les meules.** — Les meules achèvent le travail des tonnes.

On passe sous les meules 25 kilog. d'un mélange de :

$\frac{2}{3}$ poussier provenant des tonnes de cuir.

$\frac{1}{3}$ » » » grenoirs, etc.

On humecte légèrement d'eau de pluie au moyen d'un petit arrosoir à raison de $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ litres par batterie.

Tous les moulins exécutent le travail en même temps; la vitesse de rotation est de 3 tours par minute pendant trois heures. L'ouvrier suit les meules, achève le travail des racloirs et des repoussoirs, arrose la matière; il ajoute peu à peu de l'eau jusqu'à concurrence de 8 à 14 %, suivant l'état hygrométrique de l'air et des meules; avec trop peu d'eau il se forme du poussier; avec trop d'eau la charge glisse sous les meules.

Dans les huit dernières minutes des trois heures, et dont le commencement est annoncé par une sonnerie, tous les moulins sont amenés à une vitesse très lente, de manière à ne plus faire qu'une révolution par minute.

La galette se forme; celle-ci terminée, une nouvelle sonnerie fait procéder à son enlèvement dans des cuvelles qui servent à la transporter aux grenoirs; cette sonnerie sert aussi de signal pour commencer une nouvelle opération.

La vitesse des meules peut être portée à 5 tours par minute, et le

temps de trituration augmenté ou diminué suivant l'espèce de poudre à produire.

La galette contient 7 à 8 % d'eau.

Le galetage aux meules est rapide, mais la densité de la galette n'est pas uniforme et n'est pas élevée.

136. Méthode précédente simplifiée à Wetteren. — On triture à part le soufre sous les meules, puis on l'achève à la tonne. Il est ensuite mêlé au charbon de bois, et le mélange binaire est trituré dans des tonnes en fer pendant trois heures. Le salpêtre en farine est alors ajouté au mélange précédent, et on triture le tout à la tonne de cuir; enfin on passe aux meules et on comprime.

On évite ainsi une des triturations binaires. La méthode ancienne est encore en usage pour certaines poudres.

Tonnes, meules et presses.

137. — A Wetteren, le mélange et la trituration se font dans des tonnes et sous les meules comme précédemment, mais la galette s'obtient à la presse hydraulique.

S'il est nécessaire, on humecte légèrement le poussier (6 %) avant la compression. Dans un bac en bois, on place une feuille de cuivre ou de zinc rigide, une toile par-dessus, puis un cadre de bois d'une certaine hauteur.

L'ouvrier, au moyen d'une petite pelle en bois, verse du pulvérin dans le cadre et en égalise la surface; le cadre est enlevé et l'on a ainsi une couche bien limitée de pulvérin, qu'on recouvre d'une nouvelle toile et d'une nouvelle feuille de cuivre; on continue dans le même ordre jusqu'à ce qu'on ait une soixantaine de couches. Les feuilles de cuivre ont 42 centimètres de côté. Actuellement les feuilles de cuivre sont remplacées par des feuilles d'ébonite, ce qui permet la suppression des toiles.

Le tas est porté sous la presse hydraulique qui donne une pression lente (pendant 20 à 60 minutes) de 96 kilog. par centimètre carré. La pression est indiquée par un manomètre ou par la réduction de la hauteur du tas de poudre.

En général, pour obtenir une galette d'épaisseur a, on prend un cadre d'une hauteur de $2a$. A Wetteren, on fabrique ainsi des galettes qui donnent des grains de 10 à 13^{mm}, 13 à 16^{mm}, 16 à 20^{mm}, 20 à 25^{mm}, 25 à 30^{mm}.

Dans certaines fabriques, on comprime le poussier sans ajouter de l'eau; seulement, cette galette sèche est dangereuse à grener et à lisser, et elle donne beaucoup de poussier.

139. Presses hydrauliques à chaud. — On a fait en Russie en 1878 des galettes, en comprimant la matière ternaire à chaud. Cette idée, mise en avant par S. Robert, fut exécutée par le colonel russe Wiener à la poudrerie d'Ochta.

On se sert d'une presse hydraulique munie de deux plaques creuses de cuivre, dans lesquelles on peut faire arriver de la vapeur d'eau. Le mélange ternaire qui doit constituer la poudre et qui a été opéré à sec, est étendu sur la plaque de cuivre inférieure (vissée sur le plateau mobile de la presse). Le piston est mis en mouvement et la pression s'exerce pendant dix minutes. Le gâteau de poudre qui en résulte forme une masse homogène due à la fusion du soufre, la température des plaques creuses de cuivre étant portée à 120° c.

La densité du gâteau est 1,66 à 1,70. La pression de 25 kilog. par centimètre carré.

Le gâteau est grené au grenoir Congrève.

Les avantages de ce mode de préparation de la poudre à chaud seraient :

1° Une diminution dans la propriété hygroscopique; donc, avantage pour la conservation dans les magasins humides;

2° Fabrication moins coûteuse, car elle supprime les séchoirs;

3° Danger de fabrication moindre, parce que les manipulations sont moins longues.

En Allemagne, certaines usines font usage d'une espèce de laminoir pour obtenir la galette, mais la pression n'est pas très uniforme.

La méthode de la presse hydraulique permet d'obtenir des galettes de très forte densité (1,830). Une grande densité est avantageuse parce qu'elle permet d'introduire, dans une capacité donnée, plus de matière explosive et par conséquent d'augmenter les pressions; de

plus, les poudres denses sont lentes et favorables au tir des grosses bouches à feu; elles sont peu sujettes à se laisser pénétrer par l'humidité, donnent peu de poussier et relativement peu de résidus dans les canons.

La méthode des tonnes, des meules et des presses fournit les meilleures poudres au point de vue de la force et de la régularité, toutes choses égales d'ailleurs.

§ 2. — GRENAGE DE LA POUDRE.

139. — La galette obtenue par l'une des méthodes précédentes est divisée en grains d'épaisseurs variables. De la grosseur du grain dépend la rapidité plus ou moins grande de la combustion de la charge, composition de la poudre mise à part. On appelle *vitesse d'inflammation* d'un grain de poudre, la vitesse avec laquelle la flamme partant du point allumé enveloppe tout le grain; *la vitesse de combustion* est la vitesse avec laquelle le feu marche de la surface au centre du grain. Les expériences prouvent que la vitesse d'inflammation d'un grain ou d'une charge est beaucoup plus grande que la vitesse de combustion; or, celle-ci dépend évidemment de la grosseur du grain; plus celui-ci sera fin, plus sa combustion sera rapide. La poudre de chasse, dont les grains sont très petits, constitue une poudre fort vive et même brisante, tandis que les poudres à gros grains, à l'usage des bouches à feu de gros calibres, sont lentes. Il ne faut cependant pas composer des grains trop fins et faire usage de poussier, car la flamme ne pourrait plus pénétrer dans les interstices et l'inflammation instantanée de toute la charge deviendrait impossible.

Le grenage est donc une condition essentielle de l'inflammation rapide de la charge et de la rapidité plus ou moins grande de sa combustion.

Il évite encore la séparation des éléments de la poudre dans les transports; il empêche sa filtration à travers les sacs ou barils et diminue ainsi le danger des manipulations; il rend la poudre

moins hygroscopique; cette hygroscopicité varie du reste avec la composition (charbon roux ou noir), avec la forme et la grosseur du grain, en raison de l'augmentation ou de la diminution relative de la surface extérieure totale.

140. Grenoir Lefèvre. — Il est appelé aussi *grenoir à retour, grenoir mécanique.*

Il se compose d'un plateau de bois octogonal de $2^{m}50$ de diamètre, suspendu horizontalement au plafond au moyen de 8 cordes. Il reçoit un mouvement de giration d'un axe vertical, coudé dans sa partie moyenne; l'excentricité est de $0^{m}16$, la vitesse de rotation de 70 à 75 tours par minute.

Le plateau supporte 8 cribles disposés contre les côtés du plateau. Le crible a la forme générale d'un tamis à plusieurs fonds. Le premier fond supérieur est composé d'une plaque de noyer percée de trous de 6 mm.; il supporte un tourteau de bois de charme, pesant 700 grammes, qui concasse la galette. Ce premier tamis constitue le *guillaume*. La galette concassée passe au travers du guillaume et tombe sur un deuxième fond constitué par une toile métallique appelée *grenoir en guerre;* ce grenoir est quelquefois muni d'un tourteau d'un poids inférieur à 500 grammes; il laisse passer les grains d'artillerie et les grains plus fins. Enfin, en dessous du grenoir en guerre, se trouve un tamis en crin ou en zinc perforé, qui retient les grains d'artillerie et les grains plus fins et laisse passer le poussier. Des tubes en cuir conduisent les grains dans des tines et le poussier dans des boîtes à poussier. Une manche en peau, en forme d'entonnoir, ferme le guillaume par au-dessus et sert au chargement de la galette. Celle-ci est préalablement concassée grossièrement au marteau de bois.

Le poussier est reporté sous les meules; les grains sont conduits au magasin des poudres vertes.

Grenoir Lefèvre modifié. — Parfois des morceaux trop gros passent du guillaume dans le grenoir en guerre. On peut les faire revenir sur le guillaume en disposant, entre les deux tamis, un conduit courbe, dans lequel viennent s'engager les grains trop gros, animés d'une force vive assez considérable. Ces grains

montent alors par l'action de la force centrifuge et se soumettent à l'action du tourteau.

141. Grenoir Congrève ou Grüson. — Le principe en est dû au général anglais Congrève qui le proposa en 1819.

Entre deux grands flasques verticaux sont disposés huit cylindres horizontaux par paires, suivant un axe incliné à 35° environ et à des distances verticales de $0^{m}736$. Les diamètres sont de $0^{m}178$ et la longueur de $0^{m}762$. Ils sont accouplés comme les laminoirs métallurgiques, mais les cylindres, au lieu d'être superposés, sont placés l'un à côté de l'autre, dans un plan horizontal.

Ces cylindres portent à leur surface des dents qui sont taillées en pointes de diamant avec des saillies de $6^{mm}4$ à $6^{mm}2$; Les dents d'un des cylindres correspondent aux creux de l'autre cylindre et cela dans le but de rompre la galette et non pas de l'écraser. Les dents des autres paires se terminent à leur sommet en forme de tranchant et ont de 3 à 4 millimètres de saillie.

L'écartement des deux cylindres varie d'une paire à l'autre et va en diminuant. Dans chaque paire, l'axe d'un des cylindres est fixe, l'autre peut s'écarter ou se rapprocher au moyen d'une vis qui donne l'écartement minimum; si un morceau de galette trop dure se présente, le cylindre mobile s'écarte, mais il revient à sa place par l'action d'un contre-poids. Le mouvement est communiqué au cylindre de la paire n° 1, qui le transmet au cylindre fixe de la paire n° 2, et ainsi de suite; chacun des cylindres fixes mène, par un engrenage, le cylindre jumeau. Sous chaque paire se trouve un tamis formé d'une toile métallique sans fin, qui conduit à la paire suivante la galette encore trop grosse; sous chaque tamis se trouve une caisse. Souvent on fait usage d'un blutoir incliné.

Dans le cas où l'on ne retire qu'une poudre, deux égalisoirs, maximum et minimum suffisent, et l'on recueille dans trois tines, les grains trop gros, les bons grains et le poussier.

Les tamis reçoivent des mouvements longitudinaux rapides. La galette est portée à la paire supérieure par une toile sans fin, munie de bandelettes transversales. En travail continu, l'appareil peut grener 3 à 4000 kilogrammes de galettes par jour.

e grenoir Congrève offre de sérieux avantages sur les autres noirs : la forme des grains est meilleure, plus régulière, leur ibustion est par conséquent plus uniforme.

.e grenage peut se faire sur des galettes très dures et d'épaisseurs iables. La production est élevée et l'emploi de l'appareil est sûr.

42. Grenage des poudres à gros grains. — On emploie férents moyens pour casser la galette des presses hydrauliques.

En France, on fait usage de maillets cubiques en bois, dont la face férieure est garnie de pointes en laiton, taillées en diamant et sposées en quinconce. La galette, grossièrement concassée, est iacée sur des tables percées de trous correspondant aux dents du maillet; l'ouvrier frappe et les morceaux de galette passent au ravers de la table qui sert ainsi de surégalisoir.

A Wetteren, on découpait la galette en bandes régulières, à l'aide d'une espèce de couteau de guillotine en bronze, qui prend un mouvement vertical de va-et-vient au moyen d'un excentrique. Les bandes sont replacées les unes contre les autres et engagées perpendiculairement sous le même couteau qui les divise ainsi en cubes de dimensions voulues.

Parfois on coupe les bandes avec un marteau à bec de laiton.

Dans certaines poudreries, on produit sur la galette une série de lignes de rupture par l'interposition, pendant la compression, de baguettes métalliques.

§ 3. — LISSAGE DE LA POUDRE.

143. — Le lissage a pour but d'effacer les arêtes vives et de polir le grain, ce qui diminue la quantité de poussier pendant les transports en chariots. La densité est légèrement augmentée, du moins pour la galette de meules, et l'espèce de vernis formé à la surface des grains en diminue l'hygroscopicité.

A Wetteren, on lisse deux fois la poudre; une première fois après e grenage et une seconde fois après le premier séchage. Si on lissait omplètement la poudre après le grenage, l'eau qui s'y trouve

enfermée, comme en une sorte de vase clos, fendillerait le grain en s'échappant, et après dessiccation complète, celui-ci aurait perdu son brillant. Si on lissait après le séchage, le brillant ne s'acquerrait qu'avec grand danger d'explosion.

Il est donc préférable de lisser d'abord légèrement le grain avant de le sécher et de terminer par un lissage définitif.

Le poli de la poudre est obtenu par le glissement lent des grains de poudre les uns sur les autres.

144. Pour le premier lissage, on emploie de petites tonnes lissoires en bois à trois compartiments, munies de portes pour le chargement et le déchargement. Les tonnes sont formées de 24 douves dont 12 font saillie à l'intérieur, afin d'empêcher l'adhérence des grains. La tonne tourne autour d'un axe horizontal en fer, garni d'un manchon en bois. — Longueur $2^{m}25$; diamètre $0^{m}60$.

Pour le second lissage, on fait usage de grandes tonnes lissoires à deux compartiments. — Longueur $1^{m}40$; diamètre $1^{m}65$. Les douves sont en bois, ondulées vers l'intérieur.

Une cage en cuir recouvre les tonnes. Une maie mobile sur des rails en bois peut se placer sous les tonnes et recevoir la poudre lissée.

145. Travail. — Petites tonnes : 50 kilogr. de poudre dans chaque compartiment; 20 tours par minute pendant 2 heures et demie.

Grandes tonnes : 50 kilogr. de poudre dans chaque compartiment; 16 tours par minute pendant 4 heures. La grandeur de ces tonnes et leur vitesse donnent un lissage énergique.

146. Causes qui influent sur le lissage. — Nous pouvons citer : 1° l'inégalité des grains : le frottement est énergique, le lissage est rapide, mais la quantité de poussier est considérable; 2° la proportion d'eau : avec trop peu d'humidité (en dessous de 3 %), il y a du danger, la masse s'échauffe et il se forme du poussier; avec trop d'eau (8 %), une croûte ou *galle* tapisse l'intérieur de la tonne; de plus, la chaleur due au frottement détermine une vaporisation abondante et le salpêtre vient s'effleurir à la surface des grains; le poussier s'agglomère aux grains et augmente leur diamètre. Le lissage des poudres très humides exige généralement un nouveau

urégalissage pour enlever les grains trop gros; 4° le refroidissement rop rapide des grains à leur sortie de la tonne de lissage, produit la lisparition du poli; aussi doit-on avoir soin de laisser éteindre le nouvement de la tonne; de cette façon, la masse, tout en continuant se lisser, se refroidit lentement.

Dans certains lissoirs, on ouvre une porte près de l'axe de rotation; a vapeur d'eau s'échappe, ce qui permet de supprimer le premier échage, mais on tombe dans l'inconvénient de devoir lisser des poudres vertes humides.

Pour augmenter le brillant des grains, on ajoute quelquefois de la plombagine. Un lissage court et à grande vitesse expose à des explosions; la température monte rapidement à 60°, ce qui produit la volatilisation du soufre, fait prouvé par l'odeur manifeste du soufre qui se répand dans les ateliers.

§ 4. — SÉCHAGE.

147. On fait deux séchages à Wetteren : un après le premier lissage; il dure une heure à la température de 30° c.; un second après le deuxième lissage; il dure trois heures à la température de 50 à 60° c.

Le séchage doit se faire ni trop vite ni trop lentement. Dans le premier cas, le grain se fendille par la tension de la vapeur d'eau; dans le second cas, l'eau disparaissant avec lenteur, entraîne avec elle du salpêtre et le grain s'effleurit; il se recouvre d'une couche blanchâtre de nitre.

148. Séchage par la vapeur d'eau. — Un gros tuyau, soutenu par des supports scellés aux murs, parcourt plusieurs fois la chambre ou séchoir. Il est un peu incliné afin que l'eau de condensation puisse s'écouler. On injecte dans le tuyau de la vapeur d'eau à 100°; la température du séchoir monte jusque 50° c.

La poudre est étendue sur des étagères, le long des murs, en couches de 2 ou 3 centimètres. Un ventilateur à ailettes enlève la vapeur d'eau provenant de la dessiccation des grains. De temps en temps, un ouvrier remue la poudre.

149. Séchage par l'air chaud. — Dans ce procédé, on ajoute de l'air chaud au travers de la poudre mise en tas mince. Pour chauffer l'air, on fait usage d'un tambour cylindrique en fonte; à quelques centimètres des deux fonds pleins sont disposés deux faux fonds, percés de trous, qui reçoivent une centaine de tubes de cuivre de faible diamètre. Le tambour est ainsi divisé en trois compartiments : le milieu contenant les tubes. Un tuyau, mis en communication avec un ventilateur, envoie de l'air dans le premier compartiment; cet air se subdivise et traverse les tubes de cuivre, puis se répand dans le troisième compartiment, d'où un tuyau l'amène dans les séchoirs. Les tubes de cuivre sont chauffés extérieurement; pour cela, de la vapeur d'eau est amenée dans le compartiment médian. L'air froid, finement divisé, s'échauffe rapidement. Une pièce voisine renferme un ou deux grands coffres en bois, fermés de tous côtés, sauf à la partie supérieure; là se trouve une toile métallique, un peu inclinée, couverte d'une serge, ou prélart, sur laquelle on place la poudre en couche de 2 ou 3 centimètres. L'air chaud du tambour est amené dans le coffre et est obligé de filtrer entre les grains. La dessiccation est très rapide, on sèche 300 kilogr. en une heure.

La température maximum des séchoirs est réglementairement de 60° c.

§ 5. — ÉGALISAGE ET ÉPOUSSETAGE.

150. On a pour but de classer les grains suivant l'ordre de grosseur. On fait usage d'un crible dont les perces ont un diamètre convenable; sous ce crible, se trouvent des tamis. Si, par exemple, il faut égaliser des grains pour l'artillerie et l'infanterie, l'opération peut se faire en une fois de la manière suivante :

	Perces.	
Crible	$2^{mm}5$	Sur-égalisoir d'artillerie.
1er tamis	$1^{mm}5$	Sous-égalisoir id. Sur-égalisoir d'infanterie.
2e tamis	1^{mm}	Sous-égalisoir id.

Les grains plus gros que $2^{mm}5$ restent sur le crible; il tombe sur le premier tamis les grains de $2^{mm}5$ et en dessous; les grains de $2^{mm}5$ ne peuvent passer et sont recueillis; il tombe sur le second tamis les grains de $1^{mm}5$ et en dessous; les premiers sont retenus et les autres passent (1^{mm} et en dessous). Une étamine, dont les perces sont plus petites que 1^{mm}, placée sous le second tamis, fait l'époussetage de 1^{mm}.

Les cribles sont placés, à Wetteren, au nombre de trois dans une espèce de bac en bois, suspendu au plafond au moyen de quatre cordes. L'ouvrier pousse l'appareil devant lui avec force, le bac heurte une tige de bois flexible attachée au plafond et formant lame vibrante; le bac est repoussé vers l'ouvrier, etc.; ce mouvement de va-et-vient provoque l'égalisage rapide.

Époussetage.

Il peut se faire dans des espèces de blutoirs ou bien en faisant rouler les grains sur un cadre d'étamine incliné. Du reste, les appareils de grenage, et surtout d'égalisage, provoquent la disparition du poussier.

Les poudres égalisées et classées sont conservées en magasin dans des caisses contenant 5500 kilogrammes.

Rendement. — 100 kilogrammes de galettes donnent :

40 kilogrammes de grains d'artillerie;
20 „ de grains d'infanterie;
40 „ de poussier.

Ce dernier est reporté aux meules avec les grumeaux et les croûtes.

CHAPITRE II.

POUDRES SPÉCIALES.

—

Poudres de chasse.

151. Ces poudres sont beaucoup plus vives que les poudres de guerre ordinaires. Cela résulte de leur composition, de l'emploi d'un charbon roux, et d'un grenage à grains excessivement fins (jusque 25.000 grains au gramme).

Composition de quelques poudres de chasse. —

	Nitre.	Carbone.	Soufre.
Belgique . . .	78	12	10
France . . .	78	13	10 (Pilons).
" . . .	77	13,5	9,5 (Bouchet).
" . . .	76	14	10 (Esquerdes).
" . . .	74	17	10 (Essone).
Russie . . .	80	12	8
Allemagne . .	78,5	11,5	10

Formule de l'explosion :

$$16\,AzO^3K + 19C + 6S = 4K^2S + 2SO^4K^2 + 2CO^3K^2 + 8Az^2 + 17CO^2.$$

On voit qu'en général, ces poudres renferment un excès de salpêtre, et le charbon est roux. Nous avons eu l'occasion de discuter l'influence du charbon très chargé de matières volatiles combustibles sur la force de la poudre (n° **95**). Cette poudre a même dans les

armes rayées des allures brisantes. Elle est exclusivement employée dans les armes de chasse parce qu'elle disperse moins les grains de plomb. Dans notre armée, une poudre analogue servait au chargement des cartouches de revolvers et de pistolets.

Poudres de mine.

152. — Ces poudres sont lentes. Dans les mines et les carrières, elles disloquent les masses suivant les lignes de moindre résistance, mais elles ne doivent produire aucun effet de pulvérisation. Il faut donc que ces poudres spéciales aient beaucoup de force, mais elles ne la développeront qu'avec lenteur. Elles sont caractérisées dans leur composition par un surdosage du soufre, ce qui les rend plus faciles à enflammer, moins vives et moins hygroscopiques. La diminution du salpêtre cause une augmentation du volume gazeux, en même temps qu'une réduction du prix de revient.

A Wetteren, on comprime la poudre de mine en grains à la presse hydraulique, et on forme des cartouches cylindriques. L'un des bouts possède un trou pour l'introduction de la mèche, qui se replie ensuite dans un canal creusé suivant une génératrice du cylindre. Cette poudre possède de grands avantages : un poids garanti; un contrôle facile dans la livraison et l'emploi; pas de dangers d'en répandre; une force explosive plus grande. Elle est excellente pour les mines de charbon non grisouteuses. En tenant compte de tous ces avantages, la poudre comprimée vaut au moins le double de la poudre en grains.

On fabrique des cartouches de 20, 25, 30 et 35 millimètres de diamètre et du poids de 45, 92, 140, 240 grammes.

Composition de quelques poudres de mine. —

	Nitre.	Charbon.	Soufre.
Belgique (Wetteren).	70,00	14,00	16,00
» (Ombret) .	73,50	12,50	14,00
Autriche	62,50	19,40	18,10
France	62,00	18,00	20,00
Russie	66,66	16,66	16,66
Italie.	70,00	12,00	18,00

Formules de l'explosion :

1° $4AzO^3K + 9C + 4S = CO^3K^2 + 2CO^2 + K^2S^4 + 5CO + C + 2Az^2$.
2° $2AzO^3K + 4C + 2S = K^2S^2 + 2CO^2 + 2CO + Az^2$.

Charges comprimées.

153. — Dans le but d'éviter le grenage, les Américains, lors de la guerre de sécession, imaginèrent de mouler le mélange ternaire sous forme de cartouches par la pression hydraulique. Les résultats furent mauvais. La pratique ne sanctionna pas non plus l'agglomération par la pression des grains de poudre sous forme de cartouches; ces poudres agglomérées sont plus brisantes que la poudre en grains, sans doute à cause de la suppression du vide de la charge dans les chambres des armes à feu.

La France employa longtemps les cartouches comprimées pour le chargement des canons Reffeye de campagne et les mitrailleuses. La gargousse du canon de 7 contenait cinq rondelles cylindriques avec trou central.

Poudres progressives.

154. — Autrefois, on ne faisait usage que de deux espèces de poudres : la poudre à fusil à grains fins et la poudre à canons à grains un peu plus gros ($2^{mm}5$); cette dernière poudre était employée pour les canons de tous les calibres.

Lorsqu'on introduisit dans l'armement des bouches à feu monstres, on reconnut que l'ancienne poudre était beaucoup trop vive; elle occasionna plusieurs éclatements de pièces. On songea alors à fabriquer des grains très gros et, en outre, à leur donner de la progressivité. L'idéal, c'est qu'en effet la poudre émette dans le principe peu de gaz, de quoi vaincre l'inertie du projectile; puis, celui-ci étant en mouvement, il faut augmenter de plus en plus la pression qui le chasse et, par suite, sa vitesse et sa portée.

Lorsqu'on examine ce qui se passe dans la combustion d'un gros grain de poudre à *l'air libre*, on voit que la quantité de gaz émise

dans le principe est un maximum, et qu'elle diminue de plus en plus. L'inflammation du grain est instantanée, mais sa combustion se fait plus lentement ; le feu progresse de la surface vers le centre avec une vitesse uniforme, seulement la quantité de poudre brûlée pendant des temps égaux est loin d'être la même, le volume des zones diminue sans cesse. Il faudrait évidemment obtenir le contraire et tâcher d'allumer le grain par son centre ; de là, l'idée de fabriquer des grains prismatiques, percés de trous parallèles aux arêtes du prisme ; si celui-ci est hexagonal, on peut, en réunissant ces grains, obtenir des charges compactes, munies de canaux pour la circulation instantanée de l'inflammation, qui commence ainsi par l'intérieur du grain. Dans le principe, le grain était percé de sept trous, mais on reconnut bientôt que cette poudre, lente en effet pendant les premiers moments, devenait brisante à la fin ; le grain se brisait en menus morceaux à cause de la fragilité des parois des ouvertures ; aujourd'hui, les grains prismatiques ne possèdent plus qu'un trou central et ils peuvent être regardés comme suffisamment progressifs.

Ces grains s'obtiennent en comprimant la poudre grenée dans des moules au moyen de presses ; chaque coup de presse permet d'obtenir un grand nombre de grains ; la presse hydraulique étant un peu lente, on fait usage de presses mécaniques.

En Belgique, cette poudre prismatique est réglementaire pour les canons de forteresse. Diamètre maximum : $34^{mm}8$ à $35^{mm}2$, hauteur : $24^{mm}8$ à $25^{mm}2$, diamètre du canal : $9^{mm}4$ à 10^{mm}. Le canal est très légèrement tronconique. Le poids du grain varie de 42 à 42,3 grammes (voir n° **160**).

Melsens proposa une poudre ronde obtenue par agglomération et formée de couches concentriques de poudre de plus en plus vive. La poudre Totten à compensation avait un noyau central en coton-poudre.

On a, du reste, reconnu qu'un grain de poudre à grande densité brûle d'une façon progressive quand il est soumis à des pressions croissantes ; c'est ce qui se passe dans une bouche à feu ; une charge composée de gros grains massifs émettra une quantité de gaz de plus en plus considérable, malgré la diminution de la surface enflammée.

Ainsi, une poudre dont la vitesse de combustion à l'air libre est de 10^{mm} par seconde aurait une vitesse de combustion de 320^{mm} dans les grosses bouches à feu.

La vitesse de combustion sous pression peut être représentée par

$$V = Vo \left(\frac{p}{p_o}\right)^{\alpha}$$

V, vitesse de combustion à la pression de p atmosphères,
Vo, " " " atmosphérique,
p_o, pression atmosphérique,
$\alpha = \frac{1}{2}$ (d'après M. Sarrau) facteur généralement admis.

D'après le général Sebert et le capitaine Hugoniot, la vitesse de combustion est proportionnelle à la pression (canon de 10 centimètres).

On peut, du reste, par une forme spéciale des grains, faire en sorte que la surface qui brûle reste à peu près la même; il suffit de faire usage de grains parallélépipédiques plats proposés par M. le capitaine Castan. La surface d'inflammation se compose en effet, ici, de deux grandes bases et de facettes latérales, mais le grain étant plat, on voit que celles-ci ont peu d'influence; le grain, tout en brûlant, conserve sa forme, et la diminution de la surface d'inflammation ne porte que sur les faces latérales qui sont négligeables.

Ces principes de grenage sont applicables aux poudres sans fumée dont les grains ont la forme de carrelets, de cylindres pleins ou creux, etc.

155. Régularité des poudres. — Outre la progressivité, il faut que tous les grains d'une charge brûlent dans les mêmes conditions; de là, la nécessité de fabriquer des grains moulés de formes diverses. Les poudres prismatiques rentrent dans cette catégorie; on a fabriqué des poudres de forme sphérique dont la combustion est très régulière.

Il n'est, du reste, pas nécessaire de donner aux grains des formes géométriques parfaites et identiques; un grain cubique brûle dans le même temps que le grain sphérique inscrit; deux grains inégaux se comporteront de même, pourvu que leur dimension minimum soit la même; c'est le cas des grains provenant d'une même galette. Il faut aussi faire intervenir le nombre de grains au kilogramme, car plus

ce nombre devient considérable, plus la surface d'inflammation est grande, et il est désirable que cette surface soit la même pour toutes les charges d'une bouche à feu afin d'avoir un tir régulier.

156. Poudres à gros grains. — Nous allons donner le signalement concis de quelques poudres citées précédemment.

Poudres Mammoth. — Proposées par le général américain Rodman. Les tensions dans les canons diminuent avec l'augmentation de la grosseur du grain à vitesse initiale constante. Les grains sont cubiques : de $15^{mm}2$ à $22^{mm}9$ pour les grosses bouches à feu; $6^{mm}3$ à $8^{mm}9$ pour les calibres moyens.

Nos poudres d'artillerie de 6 à 10^{mm} rentrent dans cette catégorie.

Wetteren a fabriqué pour des essais avec notre matériel, des poudres de 10 à 13^{mm}; 13 à 16^{mm}; 16 à 20^{mm}; 25 à 30^{mm}.

Poudre pebble (pebble = caillou). — C'est une poudre analogue à la précédente employée par Armstrong en Angleterre.

157. Poudre plate Castan. — Parallélépipèdes de $10 \times 10 \times 2^{mm}$ (canons de $7^{c}5$ et $8^{c}5$).

Poudre pellet (pellet = boule). — Forme cylindrique; une des bases porte un évidement en forme de cône émoussé.

158. Poudre brune dite chocolat. — Elle est employée dans le tir des grosses bouches à feu. Sa caractéristique est une grande lenteur; en fait, c'est une poudre binaire : nitre et charbon, lequel est très roux. Ce charbon est analogue à celui que l'on peut obtenir en traitant le charbon ordinaire par l'acide nitrique étendu. On ajoute un peu de soufre pour faciliter l'inflammation.

Voici quelle est sa composition d'après nos analyses sur divers échantillons :

Nitre	77,017
Charbon roux . . .	18,110
Soufre	2,680
Eau et pertes . . .	2,193
	100,000

Réglementairement en Belgique :

Salpêtre.	80
Soufre	3
Charbon.	17

Le charbon est du charbon de bourdaine au rendement de 80 à 85 % obtenu dans les cylindres mobiles de carbonisation. On fait aussi usage de charbon de paille de seigle. Les matières premières sont triturées dans des tonnes. Pour le soufre et le charbon, on fait un binaire qu'on triture à la tonne. On ajoute au binaire le salpêtre tamisé, et on triture sous les meules. On comprime à la presse hydraulique, puis on grène et on lisse. Enfin, on moule à la presse sous forme de grains prismatiques.

Densité 1,815, humidité 2 % au maximum.

Elle donne lieu, dans les canons, à beaucoup de régularité, à une grande vitesse initiale avec des pressions faibles.

Voici des chiffres comparatifs :

	Poids de la charge.	Poids du projectile.	Vitesses initiales.	Pressions en atmosphères (jauge Rodman).
Poudre prismatique. .	39^k	140^k	490^m	2625
Poudre chocolat . . .	39	140	481	1935

Les résultats supérieurs à ceux donnés par la poudre noire ne peuvent être acquis par la poudre brune que dans les canons d'au moins 30 à 35 calibres de longueur; c'est une conséquence de sa grande lenteur.

Contenant une grande quantité de charbon de bois à peine torréfié, cette poudre est hygroscopique; aussi faut-il la conserver dans des caisses métalliques, hermétiquement closes, ce qui en augmente notablement le prix.

Lorsqu'on enflamme un grain prismatique de poudre brune par son canal central, il brûle lentement par couches concentriques; on peut même tenir le grain entre les doigts en ayant soin de mettre le

canal parallèlement à la paume de la main. Un grain prismatique de poudre noire brûle, au contraire, avec une extrême vivacité.

La poudre brune n'est pas aisée à s'enflammer; le mélange nitre-charbon s'enflamme bien plus difficilement que le mélange nitre-soufre. Nous avons vu à l'étude du nitre que le charbon et le nitre réagissent seulement à la température de 400°, tandis que l'inflammation du sulfo-nitre se fait déjà à 250°.

Afin d'assurer l'explosion de la poudre brune dans un canon, on emploie quelques grains de poudre prismatique noire, placés dans la charge en regard de la lumière.

Le charbon roux, employé dans la poudre brune, renferme beaucoup d'hydrogène; les produits de l'explosion sont donc riches en vapeur d'eau; aussi la poudre brune répand-elle une épaisse fumée par un temps humide, tandis que la fumée est presque nulle quand le temps est sec.

On a constaté, dans ces derniers temps, que la poudre brune diminuait de force par la conservation; peut-être cela est-il dû à une absorption d'humidité.

Cette poudre donne moins de fumée que la poudre noire à cause de sa faible teneur en soufre.

SECTION III.

Propriétés générales des poudres.

CHAPITRE I.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES.

§ 1. — SIGNALEMENT DES POUDRES.

159. — La poudre doit être d'une couleur bleu-ardoise, légèrement rousse pour les poudres à base de charbon de bois roux. Les grains doivent être assez durs pour ne pas se casser entre les doigts; ils s'écrasent sous la dent en offrant une légère résistance et ils forment sur la langue une pâte sans rugosité, ce qui est le signe d'une bonne trituration. Sous la loupe, la poudre doit présenter une couleur uniforme sans trace d'efflorescences cristallines.

Ces efflorescences proviennent des alternatives d'humidité et de sécheresse que la poudre a subies; c'est du salpêtre qui sort du grain avec l'eau pendant la dessiccation lente, la poudre est évidemment désorganisée. Les grains roulant sur le dos de la main ne doivent pas abandonner du poussier; ils brûlent sur du papier sans laisser de résidu et sans l'enflammer : c'est le signe d'une grande vivacité.

Les grains doivent avoir, autant que possible, une grosseur uniforme pour chaque espèce de poudre, et leur nombre doit être compris dans certaines limites réglementaires.

La poudre s'enflamme vers 250° par l'approche d'un corps en ignition, mais la réaction entre les éléments ne s'opère qu'à 400°.

Elle s'enflamme par le choc du fer sur le fer, du fer sur le laiton, même du laiton sur le laiton ; l'inflammation est très difficile par le choc du cuivre sur le cuivre ou du cuivre sur le bronze ; cette propriété a fait choisir le cuivre et le bronze pour l'outillage des poudreries et des magasins à poudre ; l'inflammation se fait par le choc quartz sur quartz, plomb sur plomb, jamais bois sur bois.

La poudre ne doit pas contenir une quantité d'eau trop considérable. Une poudre convenablement séchée après fabrication peut, quand elle est conservée à l'air humide, absorber de l'eau ; cela dépend beaucoup de la pureté du salpêtre et du soufre ; le premier contient souvent du sel marin hygroscopique et le second de l'acide sulfurique. Le charbon est naturellement un peu hygroscopique et il l'est d'autant plus qu'il est plus roux.

Il est clair qu'une poudre même fabriquée avec des matières premières pures sera d'autant plus hygroscopique que l'air humide aura plus de facilité à pénétrer dans le grain ; les gros grains, très denses, absorbent peu d'eau ; les grains fins et le poussier beaucoup plus.

L'humidité de la poudre diminue les vitesses initiales des projectiles ; ainsi dans le fusil, pour les proportions d'humidité comprises entre 0,8 et 1,6 °/₀ un accroissement de 0,1 °/₀ d'eau correspond à une perte de vitesse de 1 mètre environ.

En général, la poudre absorbe dans les magasins humides 1,20 °/₀ d'eau ; placée dans un air saturé de vapeur d'eau, l'absorption doit être au maximum de 7 °/₀.

ANCIENNES POUDRES BELGES.

160. — Les poudres de guerre étaient dénommées comme suit :

1° *Poudre d'infanterie ;* sert pour le chargement de toutes le armes portatives, à l'exception des revolvers et des pistolets, et des fusils et carabines M. 1889.

2° *Poudre d'artillerie fins grains ;* charges explosives des obus et des shrapnels de 8c7 et 7c5, obus de 5c7, chargement des étoupilles à friction, remplace la poudre de chasse pour shrapnels de 9c et 8c, charges de revolvers et pistolets, chargement des capsules pour

fusées à percussion, du canal fusant, du pétard et des percuteurs des fusées à temps.

3° *Poudres d'artillerie à grains ordin.* divisées en 4 catégories :

1re catég. : canons rayés de 8c, 9c, 12c modèle 1862; 15c fonte, mortiers rayés de 8c7 et de 21c en bronze.

2e catég. : tirs du temps de guerre et, de préférence, tirs du temps de paix.

3e catég. : chargement des projectiles pour le temps de guerre.

4e catég. : chargement des projectiles, tirs en blanc, artifices.

4° *Poudres d'artillerie à gros grains.* — Grains de 6 à 10mm, confection des charges des canons rayés de 5c7, de 7c5, de 8c7, de 12c (modèle 1862), de 15c fonte et des obusiers et mortiers rayés de 15c, et 21c.

5° *Poudres d'artillerie à grains prismatiques.* — *a)* Poudre prismatique à un canal, — charges des canons rayés de 24c et 28c, des canons longs de 24c (batterie cuirassée de Sainte-Marie).

b) Poudre prismatique à sept canaux, — amorçage des charges des canons de 12c modèle 1889, 15c modèle 1886 et 1890, 24c long et 28c.

6° *Poudres brunes.* — Poudre prismatique à un canal, — confection des charges des canons de 12c modèle 1889, de 15c modèle 1886 et 1890 et des canons de 24c longs.

ESPÈCES DE POUDRES.	DOSAGES ET TOLÉRANCES EN			o/o maximum d'humidité toléré dans les poudres.	OBSERVATIONS
	SALPÊTRE.	SOUFRE.	CHARBON		
Poudre d'Infanterie.	75 75.5-74.5	12 5 12.5-11.5	12.5 13.5-12.5	0.85	Le salpêtre retiré d'une poudre ne peut contenir plus de $\frac{1}{8000}$ de son poids de chlorure de sodium.
Poudre d'Artillerie, à grains fins.	78 78.5-77.5	10 10-9	12 13-12	"	
Poudre d'Artillerie, à grains ordinaires.	75 75.5-74.5	12.5 12.5-11.5	12.5 13.5-12.5	0.85	
Poudre d'Artillerie, grains de 6 à 10mm.	74 74.5-73.5	10 10.5-9.5	16 16 5-15 5	1.10	
Poudre prismatique noire, à un canal.	74 74.5-73.5	10 10 5-9.5	16 16.5-15.5	1.10	
Poudre prismatique, à 7 canaux.	74 74.5-73 5	10 10.5-9.5	16 16.5-15.5	1.10	
Poudre prismatique brune.	80 80.5-79.5	3 3.5-2.5	17 17.5-16.5	2.00	

Poudres noires et brunes.

RENSEIGNEMENTS SUR LES GRAINS.

ESPÈCES DE POUDRES.	DIMENSIONS DES GRAINS.	NOMBRE DE GRAINS DANS UN	TOLÉRANCES EN GRAINS.		OBSERVATIONS.
			TROP GROS.	TROP FINS.	
P. d'infanterie.	1mm à 1mm5	Gr. 750-850	En p. 3 °/o.	En p. 5 °/o.	Les dimensions des grains de la 3e catégorie sont en général de 0mm8 à 1mm3; celles des grains de la 2e catégorie de 1mm à 1mm4.
P. d'Artillerie, fins grains.	0mm5 à 1mm	Gr. 3300-3600	Id.	Id.	
P. d'Artillerie, grains ordinaires.	1mm5 à 2mm5	Gr. 200-250	Id.	Id.	Les dimensions des grains des poudres fabriquées avant 1876 = 1mm3 à 2mm3; de 1878 = 1mm4 à 2mm4.
P. d'Artillerie, à grains 6-10.	6mm à 10mm	Hect. 230-270	4 grains au plus sur 100 pour la poudre à tirer. 8 grains au plus sur 100 pour la poudre à charges explosives.	1 grain au plus sur 100 pour la poudre à tirer. 2 grains au plus sur 100 pour la poudre à charges explosives.	Les grains les plus fins doivent rester sur un sous-égalisoir dont les perces ont 5mm de diamètre.
P. prismatique noire à 1 canal.	$2r = 35^{mm} \pm 0.2$ $h = 24^{mm}8$ à $25^{mm}2$ $d = 9^{mm}4$ à 10^{mm}	Poids moyen d'un grain = 42 à 42.3 gr.			r = rayon du cercle inscrit. h = hauteur du grain. d = diamètre des canaux : ils sont légèrement tronconiques.
P. prismatique noire à 7 canaux.	$2r = 25^{mm} \pm 0.2$ $h = 24^{mm}8$ à $25^{mm}2$ $d = 4^{mm}7$	Poids moyen d'un grain = 38.06 gr.			
P. prismatique brune allemande.	$2r = 34^{mm} \pm 0.2$ $h = 25$ $d = 9^{mm}$ à $9^{mm}8$	Poids moyen d'un grain = 40.8 gr.			
P. prismatique brune de Wetteren.	$2r = 34^{mm}6 \pm 0.2$ $h = 25 \pm 0.3$ $d = 9.4$ à 9.9				

Densités.

ESPÈCES DE POUDRES.	DENSITÉ		OBSERVATIONS.
	GRAVIMÉTRIQUE	AU MERCURE	
Poudre d'Infanterie.	0 900-0.930	1.563-1.588	La densité gravimetrique des poudres des 2e et 3e catégories était de 0,920 au plus pour les poudres neuves, et 0,835 pour les poudres en service.
Poudre d'Artillerie, fins grains.	0.940-0.970	1.770-1.795	
Poudre d'Artillerie, grains ordinaires.	0.920-0.950	1.563-1 588	La densité au mercure des poudres en service, destinees au tir des bouches à feu ne peut être inferieure à 1.533.
Poudre d'Artillerie, 6-10 pour charge de tir.	0.985	1.653-1.678	
Poudre d'artillerie, 6-10 pour chargement interieur des obus.		1.768	
Poudre prismatique, à 1 canal.		1.730-1.770	
Poudre prismatique, à 7 canaux.		1.674	
Poudre brune.		1,760 1,815	Pour les canons de 12 c. et 15 c. Id. de 24 c.

Poudres noires et brunes.

CHARGEMENT ET CARACTÈRES BALISTIQUES ET MÉCANIQUES.

ESPÈCES DE POUDRES.	ARMES EMPLOYÉES	CHARGEMENT.	NOMBRE DE COUPS.	DISTANCES DES CADRES A LA BOUCHE.	VITESSE MOYENN. ET DIFF. QUADR. PAR RAPPORT A CETTE VITESSE.	Pression max. à la culasse en atmosphères.
P. d'Artillerie (pour memoire).	Albini (arme declas.).	5.1 grammes. Balle 25-25 1 g.	20	0 et 50m moyenne 25.	V25 = 425 à 435. 3 m.	
P. d'Artillerie grains ordinaires.	Canon 12 c. A mod. 1862, no 1.	Charge 1 k 450. Obus 14 k. 9.	10	9.5 à 59.5m, 10.5 à 60 5, moy. 35.	V35 = 350. 2.50.	2400
P. d'Artillerie 6-10 pour le tir.	Canon 8 c. 7.	Charge 1 k 5. Obus 6 k. 8.	10	24.5 à 74.50 25.5 à 75.50 moyenne 50.	V50 = 450. 2.50.	2400
P. d'Artillerie 6-10 pour les charges explosives.	Canon 8 c. 7.	Charge 1 k. 5 Obus 6 k. 8	5	Moyenne 50 m.	V50 = 405.5 à 414.5, aucune vitesse > 418 m.	1350 à 1600
P. prismatique noire 1 canal.	Canon 24 c. A. no 8.	Charge 9 k. Obus 31.5 k.	10	25.5 à 79 5, 25.5 à 80.5 moy. 55.	V55 = 420.	1800
P prismatique brune allemande.	Canon 15 c. A.	Charge 9 k. Obus 31.5 k.	10	Moyenne 75.	V75 ne peut être inferieure à 505 m. pour aucun coup.	2300
P. prismatique brune de Wetteren.	Canon 15 c. A.	Charge 9 k. Obus 31.5 k.		Moyenne 75.	516-526. 2.50.	2300

RECHERCHE DE LA DENSITÉ DES POUDRES.

161. La densité d'un corps est le rapport du poids d'un volume quelconque du corps supposé à 0° au poids d'un égal volume d'eau distillée à 4° c.

La densité des poudres est extrêmement variable. Elle dépend surtout du procédé de fabrication; une poudre bien triturée et bien galetée voit sa densité augmenter. La nature du charbon a aussi une influence; les poudres à charbon roux sont moins denses que celles à charbon noir; l'essence du bois fait même varier la densité.

Il y a lieu de distinguer trois espèces de densités pour la poudre :

1° *La densité apparente;* c'est la densité des grains isolés en comprenant l'air contenu dans leurs pores;

2° *La densité absolue;* c'est la densité des grains isolés débarrassés de l'air des pores;

3° *La densité gravimétrique;* c'est le poids de l'unité de volume de poudre, y compris l'air renfermé entre les grains. C'est donc le poids en grammes d'un litre de poudre non tassée.

La densité apparente est donnée par la méthode du flacon, par le densimètre de Bode, par celui de Ricq.

La densité absolue est fournie d'une façon très approchée par le densimètre Mallet-Bianchi, réglementaire dans notre armée.

La densité gravimétrique est cherchée au moyen d'un gravimètre.

Toutes ces méthodes sont applicables aux poudres sans fumée.

Méthode du flacon.

162. Nous donnerons la description de cette méthode qui fournit avec les poudres des résultats seulement approximatifs, parce qu'elle est d'une manipulation aisée, et elle peut être appliquée avec un vase quelconque de verre, bouché à l'émeri.

L'appareil des laboratoires est le flacon de densité ou picnomètre. C'est un petit flacon sphérique, à fond plat, d'une dizaine de centimètres cubes de contenance; on peut le fermer au moyen d'un bouchon à l'émeri ayant la forme d'un tube mince creux.

Le liquide employé ne pouvant avoir aucune action dissolvante sur les éléments de la poudre, on fait usage de l'*alcool absolu*.

Sur le plateau de gauche d'une balance de précision, on place le picnomètre rempli d'alcool absolu, et une petite capsule renfermant 1 gramme de poudre.

Pour remplir le picnomètre convenablement, on verse l'alcool dans le petit flacon jusqu'à ce que le ménisque liquide, qui dépasse les bords du goulot, menace de déborder; en enfonçant alors le bouchon verticalement et brusquement, on est certain que le tube du bouchon se trouve entièrement rempli. Il faut éviter, le plus possible, de toucher le flacon avec les doigts nus, sinon la température de l'alcool s'élève et fausse les calculs. L'appareil est bien essuyé.

L'équilibre est établi au moyen de grenaille de plomb, versée dans une capsule placée sur le plateau de droite.

Le flacon est enlevé, ouvert, et on y introduit le gramme de poudre; cela ne peut évidemment se faire qu'avec perte d'une certaine quantité d'alcool; le volume de cet alcool est justement égal à celui de la poudre. On ferme le flacon avec le bouchon et on a soin de remplir celui-ci exactement comme précédemment; on rapporte à la balance (plateau de gauche) avec la petite capsule vidée; l'équilibre n'existe plus, la balance trébuche du côté droit. On équilibre avec des poids marqués; soient : Pa grammes; ils représentent le poids de l'alcool sorti du flacon.

Représentons par Dp la densité de la poudre, Vp son volume, Pp son poids; on a :

$$Pp = Dp \times Vp; \quad \text{d'où} \quad Dp = \frac{Pp}{Vp}.$$

Pp est connu, c'est 1 gramme dans les conditions de notre expérience. Vp est connu aussi; il est égal au volume Va de l'alcool sorti du flacon, et puisqu'on a la relation :

$$Pa = Va \times Da; \quad \text{d'où} \quad Va = \frac{Pa}{Da}; \quad \text{il vient :}$$

$$Dp = \frac{Pp \times Da}{Pa}.$$

Da = densité de l'alcool à t°.

Si l'on tient compte de la perte de poids dans l'air, on a :

$$Dp = \frac{Pp \times Da}{Pa} - \frac{Pp - Pa}{Pa} \times m$$

(m, poids du centimètre cube d'air dans les conditions de l'expérience). Ce second terme est souvent négligé.

Il faut également tenir compte de la densité de l'alcool à la température de l'expérience. La densité d'un liquide à t° est connue, quand on connaît sa densité à 0° et son coefficient de dilatation :

$$dt = \frac{do}{1 + kt} = \frac{0{,}8095}{1 + 0{,}0010414\,t} = Da.$$

Il vient donc finalement, pour la valeur de la densité de la poudre à t° c. :

$$Dp = \frac{Pp \times \dfrac{0{,}8095}{1 + 0{,}0010414\,t}}{Pa} = \frac{0{,}8095\,Pp}{Pa(1 + 0{,}0010414\,t)}.$$

La méthode du flacon offre quelques inconvénients, parmi lesquels nous signalerons :

1° Le changement de densité de l'alcool absolu pendant l'opération : on sait que l'alcool absolu est extrêmement avide d'eau, sa densité augmente dans une proportion inconnue; 2° Des bulles d'air se dégagent de la poudre pendant la recherche; la densité obtenue ne tient pas compte des vides remplis d'air. On peut, pour éviter cet inconvénient, mettre le picnomètre chargé de sa poudre et de son alcool sous la cloche d'une machine pneumatique.

163. Densimètre Mallet-Bianchi (densité au mercure). — Ces inconvénients n'existent pas dans l'appareil de M. Mallet, construit par M. Bianchi. Le liquide employé est le mercure, dont la densité ne varie pas à l'air à température constante; de plus, on fait usage du vide.

L'appareil se compose d'un vase ovoïde en fer ou en verre, ouvert aux deux extrémités du grand axe et muni, en ces endroits, de deux tubulures garnies de viroles en fonte; on visse sur celles-ci des chapeaux en fonte munis de robinets. Le vase ovoïde (le grand axe

placé verticalement) possède, à la jonction de la virole inférieure et du chapeau, une peau de chamois qui sert à la filtration du mercure lors de sa montée dans le vase sous l'influence du vide; à la jonction de la virole supérieure et du chapeau se trouve une toile métallique, destinée à retenir les grains de poudre qui viennent se loger à la surface supérieure du mercure. Au chapeau supérieur est adapté un tube barométrique, ouvert au-dessus et communiquant avec une machine pneumatique; le chapeau inférieur est muni d'un tube en fer à bec effilé, qui plonge dans une cuvette remplie de mercure. Sur le trajet du tuyau en caoutchouc relié à la pompe pneumatique, se trouve un flacon pour recueillir le mercure qui pourrait s'échapper de l'appareil et pénétrer dans le piston.

Pour exécuter une opération, on ferme le robinet inférieur et on fait le vide; on ouvre alors le robinet inférieur, et le mercure monte lentement jusque dans le tube barométrique; quand il cesse de monter, on donne quelques coups de pompe pour parfaire le vide. On ferme le robinet inférieur; on laisse rentrer l'air au-dessus du mercure, on lit la graduation et on prend la température du liquide. On ferme le robinet supérieur, on dévisse le tube barométrique et le tube à bec effilé; le vase ovoïde rempli de mercure est pesé sur une balance à bascule sensible. Soit P le poids trouvé (la poudre ici est pesée à part).

Le vase ovoïde est vidé, et on y introduit un kilogramme de poudre, préalablement séchée à 60° c. et bien refroidie : on revisse les ajutages et on fait monter le mercure dans l'appareil comme précédemment.

Le robinet inférieur étant fermé, on laisse revenir la pression atmosphérique par le dessus du mercure, ce qui provoque, à l'intérieur du vase ovoïde et sur la poudre, une pression équivalente à environ deux atmosphères : celle de l'air et celle de la colonne mercurielle. On constate que le mercure descend, preuve que celui-ci pénètre dans les pores de la poudre; on refait le vide, on redonne la pression de deux atmosphères et on agit ainsi, autant de fois qu'il faut, pour que le niveau du mercure atteigne la graduation qui a été lue précédemment. On reprend la température du mercure.

On pèse le vase rempli de mercure et de poudre : soit P′ kilogr.

Le calcul de la densité de la poudre est maintenant très simple : $P - P' + Pp = Pm$ représente le poids du mercure dont le volume est égal à celui de la poudre introduite dans le vase.

Soient Pp, Dp, Vp le poids, la densité et le volume de la poudre ; Pm, Dm, Vm, les mêmes données pour le mercure.

Il vient :
$$Dp = \frac{Pp}{Vp}.$$

Or, le volume $Vp = Vm$, et comme $Vm = \frac{Pm}{Dm} = Vp$;

On a :
$$Dp = \frac{Pp \times Dm}{Pm};$$

tout est connu, sauf Pm ; or, Pm est la perte de poids du vase ovoïde ; il vaut évidemment : $P - P' + Pp$.

Donc :
$$Dp = \frac{Pp \times Dm}{P - P' + Pp}.$$

Il faut faire la correction de température et rechercher la valeur Dm, correspondant à la température actuelle.

On a la relation générale :

$$Da = Dt\,(1 + kt) = Dt\left(1 + \frac{1}{5550}\right); \text{ d'où } Dt = \frac{Do}{1 + 0{,}00018\,t}.$$

Pour le mercure, la densité à t° sera : $Dm = \frac{13{,}596}{1 + 0{,}00018\,t}$.

Il vient finalement :
$$Dp = \frac{Pp \times 13{,}596}{(P - P' \times Pp)(1 + 0{,}00018\,t)}.$$

La forme du vase est modifiée quand il s'agit de rechercher la densité des poudres à gros grains, des poudres prismatiques et même des galettes. Le vase est aplati et il se ferme au moyen d'un couvercle très large et à joints bien hermétiques ; c'est au couvercle qu'on adapte le tube barométrique.

164. Densimètre du lieutenant-colonel Bode. — Il sert surtout à la recherche de la densité des poudres à gros grains et des galettes.

Il se compose d'un vase en verre contenant du mercure et d'un plateau de balance portant sur son pourtour trois tiges verticales; ces tiges sont, à une certaine hauteur, repliées à angle droit et les extrémités se rejoignent en un point central, où elles sont soudées. Les trois branches horizontales des tiges portent trois aiguilles qui se dirigent vers le plateau; elles sont exactement de même longueur; au point de soudure se trouve une aiguille plus courte que les autres de 2 millimètres.

On pèse un grain de poudre, soit Pp; puis on le place sur le mercure; on appuie dessus les trois aiguilles de la balance, et on charge le plateau de poids marqués, jusqu'à ce que l'aiguille centrale affleure le mercure; le grain de poudre est alors entièrement noyé.

Soient Dm, la densité du mercure;
Vm, le volume du mercure déplacé;
Pm, le poids du mercure déplacé;
Pp, le poids du grain de poudre;
Vp, le volume du grain;
Dp, la densité du grain de poudre;
P, le poids du plateau;
p, les poids marqués.

On a :

$$Dp = \frac{Pp}{Vp}.$$

Or : $$Vp = Vm \quad \text{et} \quad Vm = \frac{Pm}{Dm}.$$

Or, le poids Pm du mercure déplacé représente évidemment, dans le vase, la poussée de bas en haut. Elle fait équilibre à la poussée de haut en bas, qui est représentée par Pp + P + p; il vient donc :

$$Vm = \frac{Pp + P + p}{Dm}, \text{ et enfin,}$$

$$Dp = \frac{Pp \times Dm}{Pp + P + p} = \frac{Pp \times 13{,}596}{(Pp + P + p)(1 + 0{,}00018\ t)}.$$

165. Densimètre de Ricq. — Dans la formule $Dp = \frac{Pp}{Vp}$, le volume Vp est inconnu. Avec l'appareil de Ricq, ce volume est évalué, par sa différence, avec un volume type convenablement choisi et fixe. Ce volume type est représenté par des billes de verre.

L'appareil consiste essentiellement en un vase de fonte, composé de deux cylindres superposés. Le cylindre supérieur est large et peu élevé, l'autre est long et étroit. Dans ce dernier se meut un piston, muni d'un obturateur système de Bange; le cylindre large reçoit la poudre et les billes. Il peut être fermé, par le dessus, au moyen d'un couvercle bien assujetti et percé, en son centre, d'un écrou dans lequel on visse un bouchon, muni d'un tube gradué en dixièmes de centimètre cube. Un tampon de bois, muni d'une rondelle de caoutchouc, peut descendre dans le tube gradué, de manière à permettre de faire le vide dans l'appareil.

Pour faire une opération, on retire le piston jusqu'à l'arrêt; on verse, dans le grand cylindre, du mercure en quantité suffisante et on introduit les billes par un trou spécial; on pousse le piston à fond, le mercure monte dans le tube gradué jusqu'à une division 50; pour arriver juste à ce point, on ajoute et on enlève un peu de mercure au moyen d'une pipette. On fait descendre le tampon de bois jusqu'au niveau du mercure, et on le serre dans cette position; on tire le piston, le vide se fait et le mercure se débarrasse de l'air qu'il contient; on repousse le piston à fond, et au lieu d'obtenir la graduation 50 comme tantôt, on atteint une division moins élevée; on recommence à plusieurs reprises jusqu'à ce que le niveau reste le même et arrive à la n^e division. On enlève les billes, on les remplace par de la poudre et on opère pour chasser les bulles d'air comme plus haut : le mercure s'arrête finalement à une division n'; par conséquent, la différence entre le volume des billes et celui de la poudre est :

$$D = n' - n.$$

Si donc Vb est le volume type des billes, on a :

$$Dp = \frac{Pp}{Vb + D}.$$

Le volume Vb est trouvé par une méthode quelconque, on peut, par exemple, appliquer la formule : $Pb = Vb \times Db$; d'où $Vb = \frac{Pb}{Db}$ valeur dans laquelle on connaît le poids Pb; il suffit de rechercher par une méthode physique la densité Db du verre employé.

Densité gravimétrique.

166. C'est le poids d'un litre de poudre. L'appareil s'appelle le gravimètre.

C'est un récipient en cuivre, mesurant exactement un litre pour les poudres d'infanterie et les poudres d'artillerie à grains fins et à grains ordinaires; 2 litres pour la poudre d'artillerie à grains de 6 à 10^{mm} et 10 litres pour la poudre d'artillerie à grains de 13 à 16^{mm}.

Sur ce récipient s'adapte, au moyen d'un support, un entonnoir dont la capacité est un peu plus grande et fermé en dessous par un obturateur.

Dimensions des gravimètres.

Espèces de gravimètres.	Hauteur intérieure.	Diamètre intérieur.	Diamètre de l'orifice d'écoulement.	Distance de l'orifice de l'écoulement à la tranche supérieure du gravimètre.
De 1 litre .	$198^{mm}9$	80^{mm}	$15^{mm}5$	28^{mm}
De 2 litres .	$210^{mm}5$	110^{mm}	50^{mm}	50^{mm}
De 10 litres .	$250^{mm}7$	230^{mm}	110^{mm}	90^{mm}

On remplit l'entonnoir de poudre et on déplace l'obturateur; le gravimètre étant rempli, on arase la poudre avec une raclette de cuivre à hauteur du bord supérieur. On pèse la poudre.

Il n'existe pas de relation entre la densité gravimétrique d'une poudre et sa densité absolue. La première augmente nécessairement avec la seconde, toutes choses égales d'ailleurs; elle varie avec la grosseur et la forme des grains, elle augmente avec la perfection du lissage, avec la proportion de grains fins et du poussier. Le renseignement le plus important qu'elle donne, c'est le poids de poudre

que l'on peut introduire dans des chambres d'un volume donné. Elle influe principalement sur la vitesse d'inflammation.

§ 2. — ÉPREUVES DE RÉCEPTION DES POUDRES.

Épreuves concernant les caractères physiques.

167. Aspect extérieur. — La couleur doit être uniforme, le grain exempt de poussier et de toute autre impureté, assez dur pour ne pas s'écraser entre les doigts; la forme des grains, leur régularité, leur degré de lissage, leur couleur seront conformes à ceux d'une poudre type réglementaire.

168. Grosseur des grains. — On fait usage d'un système de cribles et de tamis. En Belgique, pour la réception des poudres de guerre (la poudre prismatique exceptée), on se sert d'un instrument composé d'un tambour et de deux tamis superposés; ces deux tamis, sur-égalisoir et sous-égalisoir en laiton, ont des perces circulaires d'un diamètre respectivement égal à chacune des dimensions limites des grains.

Pour la poudre d'infanterie, pour la poudre d'artillerie à grains fins et à grains ordinaires, on verse 100 grammes de poudre sur le sur-égalisoir et on tamise; on pèse la poudre qui est restée sur le sur-égalisoir, ce qui donne le pour cent des grains trop gros; puis on pèse les grains qui ont traversé le sous-égalisoir, pour obtenir le pour cent des grains trop fins.

Pour les poudres à grains de 6 à 10^{mm} et de 13 à 16^{mm}, on fait l'opération sur 100 grains pris au hasard. Après le tamisage, on essaie de faire passer les grains restés sur le sur-égalisoir, en les présentant un à un aux perces, suivant leur plus faible dimension; ceux qui ne passent pas donnent le pour cent des grains trop gros. On tamise les autres au sous-égalisoir pour obtenir le pour cent des grains trop fins.

Ces opérations se répètent plusieurs fois et l'on prend la moyenne des résultats.

169. Densité gravimétrique. — Elle se cherche au moyen des gravimètres, comme nous l'avons indiqué plus haut (n° 166).

170. Densité absolue. — On fait usage du densimètre Mallet-Bianchi (n° **163**).

171. Essai d'hygroscopicité. — On met un poids donné de poudre sèche dans un air saturé d'humidité, tel que celui obtenu en mettant sous une cloche une capsule remplie d'eau. On pèse de temps en temps jusqu'à ce que le poids n'augmente plus. L'augmentation maximum ne peut dépasser 7 °/₀. Généralement, on admet une absorption de 2 °/₀ en 24 heures.

172. Combustion et inflammation. — On fait brûler une quantité déterminée de poudre sur une assiette; elle ne doit pas laisser trop de résidu; on la compare sous ce rapport à une poudre type.

CHAPITRE II.

ANALYSE DE LA POUDRE DE GUERRE.

173. Procédé réglementaire Chandelon. — L'appareil se compose d'un tube en verre de 15^{mm} de diamètre, dont l'un des bouts est effilé; un tampon d'asbeste est serré contre la partie étroite. Le tube avec le tampon étant pesé, on y introduit la poudre, et on pèse le tout. La différence des deux pesées donne le poids de la poudre, qui, une fois dans le tube, n'en doit plus sortir. On en retire successivement les éléments dont les poids réunis devront reproduire le poids de l'échantillon analysé.

174. Dosage de l'humidité. — Le tube contenant la poudre est fixé entre deux séries de tubes recourbés contenant du chlorure calcique. Un aspirateur fait circuler dans l'appareil un courant d'air atmosphérique; celui-ci traverse d'abord un tube à boules de Liebig contenant de l'acide sulfurique concentré, qui lui enlève la plus grande partie de son humidité, ensuite trois tubes en U remplis de chlorure de calcium où il achève de se dessécher. Deux de ces tubes sont plongés dans un vase rempli d'eau, maintenue à une température d'environ 60° c. L'air sec et chaud passe ensuite sur la poudre, dont il enlève l'humidité, puis traverse trois tubes en U remplis de chlorure calcique qui absorbe l'eau enlevée à l'explosif. L'humidité de la poudre est entièrement retenue par les deux premiers tubes; le troisième, placé contre l'aspirateur, sert à empêcher que l'humidité de celui-ci ne remonte dans l'appareil.

Quand l'opération a marché une heure ou deux, on l'arrête; on pèse le tube contenant la poudre et on le replace de nouveau à

areil, que l'on fait encore fonctionner pendant un quart d'heure, on repèse le tube. Si les deux pesées ont donné le même résultat, t que la poudre est entièrement desséchée.

a différence entre le poids du tube avant et après l'opération, ne le poids de l'humidité de la poudre; on contrôle le résultat en enant les poids des deux premiers tubes en U placés contre le be renfermant la poudre du côté de l'aspirateur, avant et après opération. Les deux résultats doivent être les mêmes.

La bonne poudre renferme en moyenne 0,5 °/₀ d'eau; dans les magasins humides, elle atteint facilement 1,2 °/₀. Quoi qu'il en soit, dans des épreuves de réception, elle ne doit pas dépasser 0,5 °/₀.

175. Dosage du salpêtre. — Le tube contenant la poudre est suspendu verticalement au-dessus d'une capsule à évaporation préalablement pesée; on verse dans le tube de l'eau distillée froide, puis de plus en plus chaude, par portions égales, par exemple 5 cc., et on attend avant d'ajouter une nouvelle quantité d'eau que la précédente se soit écoulée. Ce lavage systématique hâte la disparition du salpêtre. Celui-ci étant beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid, si l'on se servait d'eau chaude en premier lieu, la dissolution, en se refroidissant dans la partie effilée du tube, abandonnerait du salpêtre, qui engorgeant le canal, arrêterait l'opération.

Lorsqu'une goutte d'eau, recueillie à l'extrémité du tube sur un verre de montre, n'abandonne pas à l'évaporation plus de résidu qu'une goutte de l'eau distillée dont on fait usage, on est assuré que tout le salpêtre est entraîné, et on évapore la dissolution à siccité; puis on dessèche à 60° à l'étuve jusqu'à cessation de perte de poids. En déduisant la tare de la capsule, on obtient le poids du salpêtre.

Afin de déterminer la quantité de chlorure que le salpêtre renferme, on le redissout et l'on dose le sel marin par une dissolution titrée de nitrate d'argent (voir n° **58**).

Le tube débarrassé du salpêtre est remis à l'appareil à dessécher jusqu'à siccité complète, on enlève les tubes en U du côté de l'aspirateur et on relie directement celui-ci au tube contenant la poudre.

Ce tube est pesé, sa perte de poids doit être égale au poids du nitre trouvé dans la capsule.

176. Dosage du soufre. — Le tube bien séché est disposé de la même façon que pour le dosage du salpêtre, il est rempli aux trois quarts de sulfure de carbone, on le bouche par-dessus pour empêcher la volatilisation du liquide. La tension des vapeurs qui se forment accélère la filtration.

On s'assure que tout le soufre est dissous en laissant évaporer spontanément une goutte du liquide filtré sur une lame de verre; on ne doit observer aucune trace de soufre.

La capsule à évaporation est alors placée sur un bain d'eau tiède, le sulfure de carbone s'évapore, le soufre reste; pour le débarrasser des dernières traces de sulfure, on le fait fondre rapidement en chauffant la capsule au-dessus d'une lampe, et on pèse. L'augmentation du poids de la capsule donne le soufre contenu dans la poudre.

Le tube ne contenant plus que le charbon mouillé de sulfure de carbone est soumis à un courant d'air sec jusqu'au départ complet du liquide. La perte de poids du tube doit être égale au poids de soufre obtenu dans la capsule.

Remarque. — Avant de faire usage du sulfure de carbone, on doit s'assurer s'il ne contient pas de soufre en dissolution; on fera pour cela évaporer un peu de ce liquide sur une lame de verre; il ne doit laisser aucun résidu. Cet essai se fera avant chaque analyse, car le sulfure de carbone se décompose à la lumière et met du soufre en liberté.

Pour en donner la preuve, nous avons enfermé dans deux tubes du sulfure de carbone chimiquement pur; fait bouillir, puis scellé à la lampe. Un des tubes a été enveloppé dans un étui de papier noir, l'autre est resté nu. Les deux tubes ont été abandonnés à la lumière; au bout de quelque temps, le liquide du tube nu est devenu brunâtre à cause de la mise en liberté du carbone; évaporé, il abandonne du soufre. L'autre tube, abrité contre les rayons lumineux, reste inaltéré. Nous avons conservé deux tubes dans ces conditions depuis 1885, l'un est devenu noirâtre, l'autre reste absolument limpide.

Pour purifier le sulfure de carbone, on le mêle de tournures de cuivre bien brillantes; avec le temps, ce métal s'empare du soufre; on

peut aussi agiter avec du mercure. Avant chaque analyse, on distille un peu de sulfure en plaçant le flacon dans de l'eau chaude et en interposant entre le col et le serpentin une allonge verticale contenant de la tournure de cuivre neuve.

Le liquide, ainsi distillé, est parfaitement pur et blanc comme de l'eau distillée.

177. Analyse du charbon. — Elle se fait exactement comme celle du charbon de bois décrite au n° 98. Une spirale de cuivre, recouverte d'une pellicule d'oxyde, est introduite dans le tube, qu'on place ensuite sur une grille à analyse. On chauffe d'abord au rouge sombre la partie du tube renfermant la spirale de cuivre oxydée, puis on applique peu à peu la chaleur jusqu'à la partie qui contient le résidu charbonneux. L'oxygène fourni par un gazomètre traverse des tubes dessiccateurs. L'acide carbonique et l'eau, qui sont les produits de la combustion du charbon de bois, sont recueillis dans des tubes à lessive de potasse et à chlorure de calcium.

178. Méthode simplifiée d'analyse de la poudre. — Quand on veut travailler rapidement, on se borne à faire l'analyse de la façon suivante :

On dose l'humidité que renferme un échantillon de poudre en le desséchant à l'étuve à 60°c. et en constatant sa perte de poids; puis on opère à la fois sur deux échantillons que l'on traite l'un par l'eau, l'autre par le sulfure de carbone, de manière à déterminer directement le poids de chacun des éléments. Le charbon de bois se dose par différence.

179. Remarques. — La méthode Chandelon n'offre pas à notre avis toutes les garanties d'exactitude désirables. La dessiccation de la poudre se faisant dans un courant d'air chaud, provoque la volatilisation d'un peu de soufre. La lévigation à l'eau froide, puis à l'eau chaude, entraîne toujours des matières brunes provenant du charbon de bois et cette quantité n'est pas négligeable. Si le charbon de bois n'est pas bien dépouillé des sels de la sève, comme c'est le cas ordinaire, ceux-ci, en se dissolvant, augmentent indûment le poids du salpêtre. La lévigation au moyen de sulfure de carbone n'enlève pas tout le soufre. On peut remédier à une partie de ces inconvénients en faisant usage des procédés suivants.

180. Dosage de l'eau. — On dessèche un poids donné de poudre dans le vide sec. On fait usage de deux verres de montre, rodés sur les bords et qui, s'appliquant exactement l'un sur l'autre, forment une sorte de grosse lentille biconvexe creuse. Ils sont maintenus en contact au moyen d'une pince en cuivre ou d'un simple anneau de caoutchouc. On pèse d'abord l'appareil monté vide, puis chargé de poudre ; la différence de poids donne celui de la matière en expérience. On expose alors au vide sec en plaçant le verre de montre qui sert de couvercle, ainsi que la pince sous une cloche, à l'abri des poussières.

On peut aussi faire usage de légers gobelets en verre mince fermés à l'émeri ; ces vases servent dans les laboratoires à peser les filtres secs.

Au bout de vingt-quatre heures, on porte l'appareil remonté à la balance, et on établit l'équilibre avec des poids. On remet encore six heures au vide sec et on repèse de nouveau. La dessiccation est complète lorsque deux pesées consécutives, faites à un intervalle de trois heures, sont identiques. La perte de poids correspond à l'humidité de la poudre. L'opération est lente.

Il va sans dire que cet appareil peut servir à la dessiccation à toute température. Pour activer la dessiccation, on peut introduire dans la cloche un bain de sable chauffé à 60° c. sur lequel on place le verre de montre, mais cela entraîne la perte d'un peu de soufre.

Il existe dans le commerce des dessiccateurs au vide et à la chaleur. La capsule est placée sur une espèce de serpentin en cuivre traversé par un courant de vapeur d'eau.

181. Dosage du salpêtre. — Afin de ne pas employer trop d'eau de lavage, nous faisons souvent usage d'un appareil à déplacement et de préférence celui de Soxhlet. Le lavage se fait automatiquement, très rapidement et avec une petite quantité d'eau. Cet appareil se compose d'un tube cylindrique assez large, fermé à sa partie inférieure ; on soude sur le fond un tube plus étroit. Les deux tubes sont réunis par l'extérieur au moyen d'un tuyau recourbé à angles droits et qui sert à amener dans la partie supérieure du cylindre large les vapeurs du liquide laveur distillé par le tube étroit. Ces vapeurs se

liquéfient dans un petit réfrigérent Liebig vertical, et le liquide condensé tombe goutte à goutte sur la matière à léviguer, placée dans le tube large. Un second tuyau en forme de siphon évacue le liquide condensé; lorsque son niveau atteint la courbure supérieure du tuyau, le siphon s'amorce aussitôt; la matière est ainsi lavée systématiquement. Les liquides de lavage sont reçus dans une petite fiole tronconique tarée; elle est fermée par un bouchon au travers duquel passe le tube étroit de l'appareil à déplacement.

L'appareil étant monté, on introduit un poids connu de poudre, 5 grammes, dans un filtre sans plis, bien lavé à l'eau bouillante; on le ferme, puis on le coiffe d'un autre filtre rond que l'on tord par en dessous. De cette façon, rien de pulvérulent ne peut s'échapper du petit paquet qui est glissé dans le tube large de l'appareil.

Pour commencer une opération, on verse au moyen d'un entonnoir, dans le tube du réfrigérent, une certaine quantité d'eau de façon à vider deux ou trois fois l'appareil Soxhlet par le jeu du siphon. On porte ensuite l'eau de la fiole à l'ébullition. Le lavage est terminé lorsqu'une goutte d'eau qui tombe dans la fiole et recueillie sur une lame de platine ne laisse pas de résidu par l'évaporation. On évapore ensuite le liquide de la fiole par une douce ébullition, de façon à éviter toute projection. On porte à l'étuve à 60° et on sèche. L'augmentation du poids de la fiole donne la proportion du salpêtre de la poudre.

182. Dosage du salpêtre par le procédé Schloesing. — On traite 10 grammes de poudre pulvérisée par un peu d'eau distillée bouillante, on filtre, on lave à l'eau chaude jusqu'à ce qu'une goutte de l'eau qui passe, évaporée sur une lame de platine, ne laisse plus de résidu; on laisse refroidir et on complète le volume à 100 cc. On introduit 5 cc. de cette solution de salpêtre dans l'appareil de Schloesing et on agit exactement comme nous l'avons indiqué au n° 53. On fait, par ce moyen, un grand nombre d'analyses en fort peu de temps.

183. Dosage du soufre. — On peut aussi employer l'appareil Soxhlet pour déplacer le soufre par le sulfure de carbone. L'opération est très rapide parce que le sulfure de carbone est chaud. Il ne faut pas faire bouillir le sulfure de carbone à feu nu; la fiole sera plongée dans de l'eau chaude.

184. Dosage du soufre sous forme de sulfate de baryum. — On transforme le soufre en acide sulfurique ou en sulfate soluble par oxydation.

1° *Voie humide.* — On traite 3 grammes de poudre par de l'acide azotique fumant, auquel on ajoute de temps en temps, avec précaution, quelques pincées de chlorate de potassium pur; on chauffe à une douce chaleur. Le tout finit par se dissoudre et on obtient un liquide clair un peu jaunâtre. On évapore à sec au bain-marie en ajoutant de l'acide chlorhydrique jusqu'à ce que tout l'acide azotique ait disparu. On reprend le liquide par de l'eau et on précipite à chaud l'acide sulfurique par le chlorure de baryum. On laisse déposer à une douce chaleur pendant douze heures, on décante sur filtre; le précipité resté dans le vase est bouilli un instant avec un peu d'acide chlorhydrique, puis jeté sur le filtre. Par ce traitement, le précipité se contracte et ne passe pas au travers du papier.

Le précipité blanc est bien lavé, jusqu'à ce que les eaux de lavage ne rougissent plus le papier de tournesol.

L'entonnoir et le filtre sont portés à l'étuve à 50° c., jusqu'à dessiccation complète. Le filtre est alors ouvert, on enlève le mieux possible le précipité qu'on met dans une capsule de platine, préalablement pesée; le filtre est refermé, et on enroule par-dessus un fil de platine; il est ensuite comburé au-dessus de la capsule de platine, renfermant le sulfate de baryum, et on y laisse tomber les cendres. Sur celles-ci, bien blanches, on laisse couler une goutte d'acide nitrique, afin de régénérer le sulfate réduit par le charbon du filtre; on évapore et on calcine légèrement. L'augmentation du poids de la capsule donne celui du sulfate de baryum. Ce poids, multiplié par le facteur 0,13744, donne le poids du soufre.

On peut encore, pour oxyder le soufre, employer le brome en présence de l'eau, ou enfin le permanganate potassique.

2° *Voie sèche.* — On fait un mélange intime de : 1 partie de la poudre à analyser; 1 partie de carbonate de potassium, pur et sec; 1 partie de salpêtre; 4 parties de sel marin; le tout bien sec. On projette, petit à petit, ce mélange dans un creuset de platine chauffé au rouge. La masse blanche est reprise par de l'acide chlorhydrique dilué; on filtre si c'est nécessaire, et on précipite le sulfate de potassium formé, par le chlorure de baryum, et on termine comme précédemment.

CHAPITRE III.

THÉORIE CHIMIQUE DE LA COMBUSTION DE LA POUDRE.

185. — Lorsqu'on applique à la poudre une température suffisante, le soufre commence à s'enflammer à l'air, la température augmente rapidement et la réaction entre les trois éléments a lieu. Théoriquement, la température de l'inflammation devrait être celle du soufre à l'air, soit 250°; mais l'expérience prouve qu'elle est un peu plus élevée. Violette a trouvé les chiffres suivants :

	Températures d'inflammation.	
Espèces de poudres.	Poudre en grains anguleux.	Poudre pulvérisée.
Mine	270°	265°
Guerre.	276°	266°
Chasse fine	280°	268°
Chasse extra-fine . .	320°	270°

Cette différence provient probablement de ce que le salpêtre, pendant la trituration, enveloppe les grains de soufre d'une espèce de vernis et les garantit ainsi contre l'approche directe du feu. On remarque, en effet, que la température d'inflammation s'abaisse avec une mauvaise trituration et se rapproche de 250°.

186. — Chevreul admettait que la combustion de la poudre répondait à la formule suivante :

$$2AzO^3K + S + C^3 = K^2S + Az^2 + 3CO^2.$$

Cette formule correspond au dosage :

Salpêtre	74,73
Soufre	11,86
Charbon	13,31

qui se rapproche beaucoup de celui adopté par la pratique :

Salpêtre	75,00
Soufre	12,50
Charbon	12,50

La poudre donnerait naissance, d'après la formule de Chevreul, à

Sulfure de potassium. .	40,80		Résidu solide théorique.
Azote.	10,39	ou	82,52 cm³ (pour 1 gramme
Acide carbonique. . .	48,81		248,40
	100,00		330,92 cm³.

L'expérience prouve que la poudre se décompose d'une tout autr façon.

187. Travaux de Bunsen et Schischkoff. — Ces savants exp rimentèrent une poudre de chasse dont la composition était :

Salpêtre	78,99
Soufre	9,84
Charbon	11,17

Elle fut brûlée à la pression atmosphérique; les résidus et les ga furent recueillis; on trouva, pour 100 grammes de poudre :

Résidu solide . .	68,06
Produits gazeux .	31,38
	99,44

Schema, d'après les expériences de Bunsen et Schischkoff :

							Grammes.
				Sulfate de potassium.		(SO^4K^2)	0,422
				Carbonate id.		(CO^3K^2)	0,126
				Hyposulfite id.		$(S^2O^3K^2)$	0,033
		Résidu		Sulfure id.		(K^2S)	0,021
		0,680		Sulfocyanure id.		(CAzKS)	0,003
		↑		Salpêtre id.		(AzO^3K)	0,037
				Carbone		(C)	0,007
Salpêtre	0,789	donne		Soufre		(S)	0,001
Soufre	0,098	en		Carbonate d'ammonium		$(CO^3(AzH^4)^2)$	0,029
Carbone	0,076	brûlant				Grammes.	Cm³ à 0°.
Hydrogène	0,004	↓		Azote	Az	0,099	79,40
Oxygène	0,030	Gaz		Acide carbonique	CO^2	0,201	101,71
		0,314		Oxyde de carbone	CO	0,009	7,49
		0,994		Hydrogène	H	0,0002	2,34
				Hydrogène sulfuré	H^2S	0,0018	1,16
				Oxygène	O	0,0014	1,00
						0,3124	193,10

Ces analyses peuvent être représentées, en négligeant les produits accessoires, par la formule :

$$5\,AzO^3K + 6\,S + 13\,C = 5\,SO^4K^2 + 2\,CO^3K^2 + K^2S + 8\,Az^2 + 11\,CO^2.$$

Ainsi, dans la combustion sous faible pression, les résidus solides sont surtout composés de sulfate de potassium et de carbonate de potassium, et non de sulfure, d'après la formule de Chevreul.

188. — Les analyses précédentes portent sur les produits de la poudre qui déflagre à basse pression. Les matières obtenues dans les armes à feu, c'est-à-dire sous pression, sont notablement différentes. Voici quels sont les résultats des analyses de Linck et de Karoli, la poudre faisant explosion dans des bombes :

Composition des poudres.

	Linck, Poudre à mousquet.	Kayroli, Poudre à canon.	Kayroli, Poudre à mousquet.
Salpêtre . . .	74,70	73,77	77,15
Soufre . . .	12,45	12,81	8,63
Carbone . . .	9,05	10,88	11,78
Hydrogène . .	0,41	0,38	0,42
Oxygène . . .	2,78	1,82	1,74
Cendres . . .	"	0,31	0,28
Eau	0,60	"	"
	99,97	99,97	100,05

Combustion de 1 gramme de poudre :

Résidu . . .	0,6415	0,692	0,651
Gaz	0,3551	0,307	0,348
	0,9966	0,999	0,999
Vol. gaz. en cm³ :	218,3	206,9	226,6

Composition du résidu solide.

	Linck.	Kayroli.	Kayroli.
Sulfate de potassium . .	45,08	53,39	55,53
Carbonate id. . .	23,96	28,01	31,90
Sulfure id. . .	14,94	0,16	"
Hyposulfite id. . .	5,83	4,08	2,72
Sulfocyanure id. . .	1,81	"	"
Salpêtre	1,87	"	"
Carbone.	3,18	3,69	3,99
Soufre	2,85	0,79	1,78
Carbonate d'ammonium .	3,18	3,88	4,08
	100	100	100

Composition du mélange gazeux.

Azote	34,68	37,58	35,33
Acide carbonique	52,13	42,74	48,90
Oxyde de carbone	4,33	10,19	5,18
Hydrogène	1,63	5,93	6,90
Hydrogène sulfuré	7,18	0,86	0,67
Oxygène	0,04	»	»
Gaz des marais	»	2,70	3,02
	100,00	100,00	100,00

129. Recherches de Féderow. — Féderow donne les résultats de ses analyses de tirs dans les pistolets et les canons.

100 grammes de poudre donnent :

Résidu sec	$49^{gr}61$
Gaz	$50^{gr}39$, soit : 25870 cm³.

Composition du résidu.

	Combustion ralentie.	Charge 0gr74.	Charge 1gr5.	Charge 3 livres.
Sulfate de potassium	31,57	48,25	40,83	15,00
Carbonate id.	39,06	23,44	30,96	37,00
Sulfure id.	1,01	0,97	2,49	38,18
Hyposulfite id.	22,25	16,53	19,32	8,28
Sulfocyanure id.	0,74	0,54	0,56	0,33
Salpêtre	»	5,81	2,79	»
Carbone	4,02	4,08	3,05	
Soufre	0,32	0,38		
Sable et oxyde de cuivre	»		»	0,82

Composition des gaz pour un gramme :

Eau	0,039 grammes.
Azote	82,6 centimètres cubes.
Acide carbonique	162,1 »
Anhydride sulfureux et oxygène	14,0 »
	258,7 centimètres cubes.

Conclusions de Féderow. — L'augmentation de la charge correspond à une combustion plus complète; on trouve moins de poudre indécomposée, plus de sulfure et de carbonate et moins de sulfate. L'hyposulfite diminue avec la pression. La combustion ralentie, en imprégnant les grains de poudre d'une couche de stéarine, augmente l'hyposulfite et le carbonate. Dans la combustion de la poudre, Féderow pense que le soufre prend d'abord feu à 250°, puis donne du sulfate de potassium par réaction sur le salpêtre. L'excès de l'oxygène du salpêtre brûle le carbone et donne l'acide carbonique. Le reste du carbone réagit alors sur le sulfate de potassium pour donner du carbone et de l'hyposulfite de potassium, ainsi que de l'acide carbonique ou de l'oxyde de carbone :

$$2AzO^3K + S + C = SO^4K^2 + Az^2 + CO^2,$$
$$2SO^4K^2 + 2C \quad = S^2O^3K^2 + CO^3K^2 + CO^2.$$

La poudre brûlant dans un tube ouvert présente les deux réactions précédentes, mais lorsque la pression s'exerce, l'action réductrice du carbone décompose l'hyposulfite :

$$2S^2O^3K^2 + 3C = 3CO^2 + 2K^2S + 2S,$$

et le soufre agit sur le carbonate de potassium en même temps que l'hyposulfite et le décompose :

$$4S + 4CO^3K^2 = SO^4K^2 + 3K^2S + 4CO^2.$$

190. Recherches de Noble et Abel [1]. — Ces chimistes ont fait des recherches très complètes sur la combustion de la poudre. Ils expérimentèrent plusieurs poudres anglaises.

La poudre faisait explosion dans une bombe qui résistait aux pressions qu'on développait dans son sein; on pouvait recueillir les produits gazeux et les produits solides et en faire l'analyse. Ils firent varier la densité de chargement, c'est-à-dire le rapport du poids de la charge en grammes au volume de la bombe en centimètres cubes, depuis 0,1 à 1, cette dernière densité correspondant au cas où la poudre remplissait complètement la bombe.

[1] *Recherches sur les substances explosives*, par Noble et Abel.

Voici quels sont les résultats des analyses :

Poudre Pebble.

	Densité de chargement. Δ					Moyenne.	P. R. L. G.	P. F. G.	P. R. F. G. (Δ = 0,7).	F. (Δ = 0,7).
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9					
H^2S	1,34	1,25	0,84	1,29	0,86	0,95	0,77	0,76	0,63	0,97
O	"	"	"	"	"	"	"	"	"	0,07
CO	5,19	5,50	4,73	4,19	3,62	4,27	4,48	2,89	2,87	1,64
CO^2	25,77	26,20	27,70	26,30	27,10	27,12	26,51	27,00	26,73	24,40
CH^4	"	"	0,12	0,07	0,13	0,10	0,12	0,05	0,02	"
H	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,03
Az	11,15	11,24	11,39	10,75	10,90	11,06	10,63	11,12	11,20	11,00
Volumes gazeux	281	283	282	269	265	276	268	259	259	232... cm. cubes pour 1 gr.
CO^3K^2	31,15	33,12	30,98	28,79	36,80	32,40	36,81	27,33	34,47	21,75
$S^2O^3K^2$	11,63	2,41	3,38	18,45	7,61	9,29	5,28	16,03	4,77	4,73
SO^4K^2	8,43	7,03	6,58	7,33	5,23	6,52	5,57	12,02	12,79	29,62
K^2S	4,16	9,20	10,55	1,28	2,20	4,58	4,31	0,82	2,47	1,97
SCAzK	0,05	0,12	0,13	0,22	0,33	0,20	0,20	0,11	0,02	0,03
AzO^3K	0,27	0,02	0,11	0,14	0,25	0,16	0,12	0,11	0,04	0,58
CO^3Am^2	0,09	0,07	0,04	0,03	0,07	0,04	0,07	0,03	0,05	0,02
C	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
S	0,34	3,75	3,40	1,11	4,84	3,25	5,09	0,96	3,89	3,89
Produit total : Solide.	56,12	55,74	57,17	57,35	57,33	56,45	57,45	58,13	58,48	62,19

P. R. L. G. = poudre rifle, large grain	Composition	Salpêtre .	75
P. F. G. = „ fine grain		Soufre . .	10
P. R. F. G. = „ rifle, fine grain		Charbon .	15
P. = „ espagnole (75; 12,5; 12,5).			

La moyenne des analyses ne s'écarte pas beaucoup de la formule suivante :

$$16AzO^3K + 21C + 7S = 13CO^2 + 3CO + 5CO^3K^2 + SO^4K^2 + 2K^2S^3 + 8Az^2.$$

Le calcul donne pour cette formule un dégagement de :

CO^2 . . .	572 grammes	: 1,9774	=	289 litres.
CO . . .	84 „	: 1,254	=	67 „
Az . . .	224 „	: 1,254	=	178 „
				534 litres,

pour un poids de 2092,6 de poudre, soit pour 1 kilogramme : 225 litres à 0° sous 0^m76.

Conclusions principales.

a) Quand on met le feu à la poudre à canon dans un espace complètement clos (les calculs sont faits pour 1 gramme de poudre occupant un volume de 1 cc.) :

1° Après l'explosion, les produits de la combustion se composent de 57 °/₀ environ en poids de résidu qui, en dernier lieu, affecte la forme solide, et de 43 °/₀ en poids de gaz permanents.

2° Au moment de l'explosion, les produits liquides de la combustion, sans doute dans un état de division extrême, occupent un volume de 0,6 centimètre cube environ.

3° Les gaz permanents engendrés par l'explosion de 1 gramme de poudre sont tels, qu'à 0° c. et sous la pression barométrique de 0^m76, ils occupent un volume de 280 centimètres cubes environ et, par conséquent, 280 fois le volume primitif de la poudre.

4° Au moment de l'explosion, les gaz permanents occupent un

volume de 0,4 centimètre cube, en sorte que les matières liquides et les matières gazeuses ont, à peu de choses près, la même densité.

5° Les corps chimiques qui constituent les produits solides et les gaz permanents sont ceux indiqués dans le tableau.

6° Lorsque la poudre remplit entièrement l'espace dans lequel on la met en feu, la tension des produits de la combustion est de 6400 atmosphères environ (pression de 6615 kilog. par centim. car.).

7° La tension varie avec la densité moyenne des produits de la combustion suivant la loi donnée par l'équation :

$$p = p_o \frac{1 - \alpha\delta_o}{\delta_o} \times \frac{\delta}{1 - \alpha\delta};$$

p = pression.

δ = densité de chargement $\left(\frac{\text{Poids de la poudre en grammes}}{\text{Volume de l'enceinte en centim. cub.}}\right)$.

α = 0.65.

p_o = 2268 kilog.

δ_o = 0,6.

8° La décomposition de 1 gramme de poudre expérimentée développe 750 grammes unités de chaleur (petites calories).

b) Quand on met le feu à la poudre dans l'âme du canon, on trouve :

1° Les produits de l'explosion sont les mêmes que dans le cas de la poudre mise en feu en vase clos, du moins en ce qui regarde les proportions des produits solides ou gazeux.

2° Le travail sur le projectile est effectué par la force élastique due aux gaz permanents.

3° La réduction de température due à l'expansion des gaz permanents est composée en grande partie par la chaleur emmagasinée dans le résidu liquide.

4° La loi qui relie la tension des produits de l'explosion au volume qu'ils occupent est formulée par l'équation :

$$\frac{p}{p_o} = \left(\frac{Vo(1 - \alpha)}{V - \alpha Vo}\right)^{\frac{Cp + \beta\lambda}{Cv + \beta\lambda}},$$

p = pression des gaz permanents correspondant au volume V.

Cp = chaleur spécifique des gaz permanents à pression constante.
Cv = " " " " volume constant.
α = le rapport entre le volume des produits non gazeux de l'explosion et le volume de la poudre avant l'explosion.
β = le rapport entre les poids de la partie gazeuse et de la partie non gazeuse des produits de l'explosion.
λ = la chaleur spécifique des produits non gazeux.

Valeur des constantes.

p_o = 43 tonnes par pouce carré = 6554 atmosphères.
α = 0,57.
β = 1,2957.
Cp = 0,2324.
Cv = 0,1762.
λ = 0,45.

5° Le travail que la poudre à canon est capable d'accomplir, en effectuant sa détente dans un vase imperméable à la chaleur, est donné par l'équation :

$$T = \frac{p_o \, Vo \, (1 - \alpha) \, (Cv + \beta\lambda)}{Cp - Cv} \left\{ 1 - \left(\frac{Vo \, (1 + \alpha)}{Vo - \alpha \, Vo} \right)^{\frac{Cp - Cv}{Cv + \beta\lambda}} \right\}$$

La température est donnée par :

$$t = t_o \left(\frac{Vo \, (1 - \alpha)}{V - \alpha \, Vo} \right)^{\frac{Cp - Cv}{Cv - \beta\lambda}}.$$

5° Le travail théorique de la poudre à canon, si sa détente était indéfinie, serait de 33,200 grammes-mètres environ ($W = Q \times E$).

Les expériences de MM. Noble et Abel prouvent que les proportions des produits de l'explosion de la poudre subissent, surtout dans les produits solides, de notables variations, dues à des densités de chargement différentes et à des compositions de poudres diverses.

C'est surtout la pression qui fait varier, non pas la nature des corps produits, mais leurs proportions relatives. Il n'est donc pas possible, d'après cela, de traduire la réaction chimique qui se passe dans l'explosion d'une poudre, par une équation chimique.

191. Théorie de M. Berthelot. — Les résultats en apparence contradictoires des expériences de MM. Noble et Abel, ont conduit M. Berthelot à établir une théorie complète de la combustion de la poudre dont nous indiquerons les points principaux [1]. Les composés qui résultent de la composition de la poudre peuvent, d'après cette théorie, se ranger en quatre séries distinctes :

1° Les produits qui se forment à la température de l'explosion, après dissociation des éléments, composés stables à cette température.

2° Des produits accessoires instables, se formant également à cette température, mais qui n'y subsisteraient pas, résultant d'actions locales et soustraits par un brusque refroidissement à l'action décomposante des autres produits.

3° Des produits accessoires consécutifs formés pendant la période de refroidissement.

4° L'hyposulfite de potassium résultant de l'oxydation ultérieure de sulfure de potassium au contact de l'air atmosphérique.

Principaux produits stables. — Les produits de l'explosion, sous volume constant, de la poudre au dosage anglais (75, 10, 15), lequel correspond sensiblement à la formule : $2AzO^3K + S + 3C$, peuvent se réduire à six : le sulfure de potassium, le sulfate et le carbonate solides, l'acide carbonique, l'oxyde de carbone et l'azote gazeux.

M. Berthelot remarque d'abord que la proportion moyenne de sulfure de potassium (y compris le sulfure transformé en hyposulfite), restant sensiblement constante, d'après les expériences mêmes de MM. Noble et Abel, les variations du sulfate et du carbonate de potassium sont nécessairement corrélatives.

Il établit ensuite le système des cinq équations suivantes, pour

[1] Sur la force des matières explosives, d'après la *Thermochimie*, par M. Berthelot.

chacune desquelles nous indiquerons la chaleur de combustion Qk et le volume Vk des gaz permanents, rapportés à 1 kilogramme de matière.

Nos.	Mélange identique.	Produits de la decomposition.	Qk calories.	Vk.
1.	$2AzO^3K + S + 3C$	$= K^2S + 3CO^2 + Az^2$	738	331 lit.
2.	"	$= CO^3K^2 + CO^2 + CO + Az^2 + S$	784	249 "
3.	"	$= CO^3K^2 + 1,5CO^2 + Az^2 + S + \frac{1}{2}C$	860	208 "
4.	"	$= SO^4K^2 + 2CO + Az^2 + C$	788	249 "
5.	"	$= SO^4K^2 + CO^2 + Az^2 + C^2$	940	165 "

Dans le cas du maximum de carbonate, l'ensemble des réactions pourra être représenté par le système des équations 1, 2, 3, se développant sur des quantités de matière première, proportionnelles à $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{6}$. Dans le cas du maximum de sulfate, on appliquera les équations 1, 3, 4, 5, à des quantités proportionnelles à $\frac{1}{3}$, un peu moins de $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{12}$. Ces cinq équations simultanées représentent ainsi les cas limites et, approximativement, les cas intermédiaires pour la poudre au dosage anglais, un excès de salpêtre accroîtrait le sulfate de potassium et l'acide carbonique, ainsi que la quantité de chaleur; un excès de carbone augmenterait l'oxyde de carbone et le volume gazeux.

On aura une vérification remarquable de cette théorie, si l'on compare les valeurs calculées dans chacun des deux cas, de la chaleur de combustion Qk et du volume gazeux Vk, avec celles que MM. Noble et Abel ont déduites de leurs expériences.

	Valeurs calculées.		
Elements à comparer.	Cas du maximum de CO^3K^2.	Cas du maximum de SO^4K^2.	Noble et Abel
Vk	270 litres	267 litres	267
Qk	781 calories	776 calories	702,34

Produits accessoires instables. — Les produits accessoires : gaz des marais (CH^4), cyanate de potassium (CAzOK), oxyde de potassium (K^2O), sulfocyanure de potassium (CAzSK), résultent de réactions isolées.

Le gaz des marais se forme par la décomposition du charbon de bois et de la vapeur d'eau. Le sulfocyanure et le cyanate proviennent de l'action du carbone et du soufre sur le salpêtre.

Produits accessoires successifs. — Ces produits, formés pendant le refroidissement, sont du sesqui-carbonate d'ammonium et de l'hydrogène sulfuré, qui prennent naissance par l'action de la vapeur d'eau, provenant de l'eau hygroscopique de la poudre, ou de l'hydrogène du charbon sur le cyanate de potassium ou le sulfate de potassium. Si l'hyposulfite de potassium préexiste, il se forme à très petites doses pendant le refroidissement, par l'action de l'anhydride sulfureux sur le sulfure de potassium.

Hyposulfite de sodium. — Féderow avait cherché à expliquer sa présence, à l'aide de l'action directe du carbone ou du soufre, sur le sulfate ou le carbonate de potassium déjà formés. Toutes ces réactions donneraient lieu à une absorption de chaleur; cette chaleur étant fournie par les réactions principales et accessoires, il faudrait que l'hyposulfite fût plus stable à la température de réaction que le sulfate et le carbonate qui le produisent, c'est-à-dire qu'il fût indécomposable à la température qui dissocie ces deux sels, ce qui n'a pas lieu.

Diverses raisons conduisent à admettre que ce sel dérive du sulfure de potassium, par absorption d'oxygène de l'air au cours des manipulations. Féderow remarque, en effet, que l'hyposulfite se développe surtout en vase ouvert et le sulfure sous pression.

D'ailleurs, Noble et Abel, ne faisant pas figurer l'eau dans leurs produits, il en résulte une compensation de deux erreurs de signes contraires, perte d'oxygène et d'hydrogène sous forme d'eau, gain d'oxygène fixé sur le sulfure.

Conclusions. — En résumé, l'explosion de la poudre donne d'abord naissance, d'après M. Berthelot, à tous les corps stables dans les conditions de l'expérience, dans les proportions relatives qui varient avec les conditions locales de mélange et d'inflammation. Si ces corps restaient en contact pendant un temps suffisant, il seraient soumis à des actions réciproques, capables de les amener à un état unique, répondant au maximum de chaleur dégagée, c'est-à-dire à l'état de

sulfate et d'acide carbonique d'après l'équation n° 5; mais le refroidissement subit qu'ils éprouvent ne permet pas à cet état de se réaliser. Cependant, chacun de ces produits n'en est pas moins formé suivant une loi régulière, et la transformation chimique de la poudre est exprimée, dans tous les cas, par le système des équations principales simultanées et des équations auxiliaires indiquées.

192. Chaleur dégagée par la combustion de la poudre (Noble et Abel) et volume des gaz.

	Chaleur dégagée par la combustion de 1 gr.	Volume des gaz (à 0° sous 0,76).
Poudre Pebble	714^{c}5	275^{cc}7
» R. L. G.	718^{c}1	271^{cc}3
» F. G.	727^{c}2	259^{cc}2
» Curtis et Harvey n° 6.	755^{c}5	238^{cc}7
» de mine	508^{c}8	354^{cc}6
» sphérique espagnole .	762^{c}3	232^{cc}7

La chaleur subit donc des variations considérables, dépendant de la nature particulière (physique et chimique) de la poudre employée. Cette chaleur varie même, pour la même poudre, dans des expériences différentes.

Température de l'explosion (Noble et Abel) : elle varie de 1800° à 2200°.

CHAPITRE IV.

POUDRES DIVERSES A BASE DE NITRATES.

193. — Ces poudres sont généralement employées dans les mines; on cherche surtout le bon marché. On remplace le nitrate de potassium par le nitrate de sodium, malgré le défaut d'hygroscopicité de celui-ci; le charbon de bois, par de la tannée (tan épuisé), du lignite, etc. :

Poudre de mine de De Tret (Pyronome).

Azotate de sodium. .	52,5		85	
Soufre	20,0		16	
Tannée	27,5		18	(charbon de bois).

Poudre de mine de Soulages (carbo-azotine).

Azotate de sodium. .	50	à	60
Soufre	13	à	16
Sulfate de fer . . .	4	à	5
Tannée	14	à	16
Suie	9	à	18

Poudre de mine de Wynants (saxyfragine).

Azotate de baryum .	76
Charbon	22
Salpêtre	2

Poudre de Schwartz.

Azotate de potassium.	46,6	56,2
Azotate de sodium. .	26,5	18,1
Soufre	9,2	9,6
Charbon	14,7	15,0
Eau	1	1,0

Poudre de Kup.

Azotate de potassium	66
Azotate de sodium	8

Soufre	9	
Charbon	16	
Poudre de mine Neumeyer et Klein.		
Salpêtre	72	
Soufre	10	
Charbon de bois	12	
Lignite	8	
Poudre Neumeyer.		
Salpêtre	75,00	
Soufre	6,25	
Charbon	13,75	
Poudre chocolat ou *poudre brune.*		
Salpêtre	78	
Soufre	2	
Charbon roux	20	
Poudre de Büdenberg.		
Salpêtre potassique	38 à	30
Salpêtre sodique	40	
Soufre	12 à	8
Charbon	8 à	7
Lignite	4 à	3
Tartrate de sodium et de potassium	6 à	4
Pyrolithes (Matteen).		
Sciure de bois	12,5	11
Salpêtre potassique	67,5	50,5
Soufre	20,0	20,0
Salpêtre sodique	—	16
Houille	—	1,5
Poudre de Murtineddu.		
Salpêtre	100	
Soufre	100	
Sciure de bois	50	
Crottin de cheval	50	
Sel marin	10	
Mélasse	4 (cohésion).	

Poudre Freiberg et Wetzlar.

Salpêtre sodique	61,66	66,60
Soufre	17,25	11,77
Tan	"	18,71
Charbon	17,35	"
Eau	"	2,81

Pyronome (Sandoy).

Salpêtre	69
Soufre	9
Charbon	10
Antimoine	8
Chlorate de potassium	5
Farine de seigle	5
Chromate de potassium	traces.

Poudre de Fehleisen (Haloxyline).

Charbon de bois	3	5,2
Cellulose (sciure de bois)	9	15,5
Salpêtre	45	79,3
Ferrocyanure de potassium	1	"

Lithofracteur dynamital (Lannoy et Cie).

Poudre blanche composée de salpêtre mal broyé, de soufre, de sciure de bois et de son. Ces dernières substances, qui remplacent le charbon, semblent avoir été traitées par de l'acide azotique.

Poudre Davey.

On substitue, au charbon de bois de la poudre ordinaire, de la farine, de l'amidon, du son, etc. On fait une bouillie épaisse qu'on comprime et qu'on grêne.

Poudre Newton (Lithofracteur).

Nitrate de potassium	2
Nitrate de baryum	77
Charbon de bois	21

Fortis. Nitrate K ou Na 65

Soufre	13
Carbone	12
Dinitrobenzine ou Dinitronaphtaline	12

Poudre amide (Gaëns).

Nitrate K.	48,50
Nitrate Am	38,50
Charbon de bois	13,00

Poudre de Xanthine. Le soufre et le carbone sont remplacés par de l'éthylsulfocarbonate de potassium ou xanthate.

Salpêtre	100
Xanthate	40
Charbon de bois.	6

Les mélanges des constituants des poudres explosives se font soit à l'état sec, soit à l'état humide.

On fait usage de la main, de tonnes, de mélangeurs et de broyeurs.

On ajoute parfois des colles diverses, gommes, dextrine et amidon.

Comme pseudo-gélatinisants on emploie les hydrates de fer, d'aluminium qu'on forme en mêlant aux matières des sels de ces métaux et on malaxe en ajoutant de l'ammoniaque. Ces hydrates se contractent beaucoup en séchant.

DEUXIÈME PARTIE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR

LA FORCE DES MATIÈRES EXPLOSIVES.

CHAPITRE I.

ÉTUDES THÉORIQUES.

194. — Les matières explosives développent à un moment donné un grand volume gazeux porté à une haute température. L'expansion subite de ces gaz produit des effets mécaniques énormes, parmi lesquels il y a lieu d'en distinguer de deux ordres différents :

1° Des effets de rupture des vases dans lesquels l'explosion se produit.

2° Des effets de projection des débris.

Les premiers sont évidemment dus à l'effort des gaz emprisonnés ou à leur pression; les seconds représentent un travail et ils sont la conséquence de la chaleur dégagée.

On peut traduire aussi l'action d'un explosif par un choc et une pression.

La violence du choc est proportionnelle au volume des gaz formés et au carré de la vitesse de réaction.

La pression développée par un explosif détonant dans son propre volume (densité de changement maximum) est fonction du volume gazeux, de la température de l'explosion et de la densité de l'explosif.

Le temps nécessaire à l'explosion joue un rôle considérable; il est extrêmement court dans les explosifs dits brisants, l'élasticité de l'enveloppe ne peut entrer en jeu, les gaz sont projetés avec des vitesses énormes qui produisent des effets de choc, de cisaillement, etc.

Potentiel.

195. — On appelle énergie potentielle ou simplement potentiel d'une substance explosive, le travail maximum que l'*unité de poids* de cette matière est susceptible de développer, dans le cas d'une gazéification totale et d'une détente adiabatique indéfinie [1].

Le potentiel est égal au produit de la chaleur de combustion par l'équivalent mécanique de la chaleur :

$$W = EQ_k = 425Q_k, \text{ (kilogrammètres)}$$

Dans la suite de l'ouvrage nous feront usage de caractères qui indiquent immédiatement à quelle quantité on s'adresse; ainsi :

Q désignant un nombre de calories quelconque;

Qk indique que les calories sont dégagées par un kilogramme de l'explosif.

Qm le nombre de calories dégagées par une mole (poids d'une molécule en grammes).

Qkv le nombre de calories dégagées par 1 kilogramme à volume constant (vase clos).

Qkp id. à pression constante (air libre).

Ainsi, pour la nitro-glycérine, 1590 est le nombre de calories dégagées par un kilogramme d'explosif :

$$W = 1590 \times 425 = 675750 \text{ kilogrammètres.}$$

Cette énergie potentielle n'est en réalité disponible qu'en vase clos. Dans les armes à feu, il faut tenir compte de la déperdition de

[1] Des modifications imposées à un système sont *adiabatiques* quand au cours de cette modification le système ne peut dégager ni absorber de la chaleur.

Un corps ou un système de corps est soumis à une opération adiabatique lorsque toutes les transformations qu'il subit s'effectuent sans aucun échange de chaleur avec le milieu environnant; c'est le cas d'un gaz qu'on comprime dans un cylindre absolument imperméable à la chaleur. Un gaz se refroidit pendant une détente adiabatique et s'échauffe dans une compression adiabatique.

Un explosif qui détone dans une bouche à feu peut être considéré comme subissant une détente adiabatique, vu l'extrême rapidité de sa décomposition; le métal environnant ou formant enceinte n'absorbe que peu de calories.

Des modifications imposées à un système sont *isothermes* quand elles sont accomplies sans aucun changement de température, par exemple, la fusion de la glace.

chaleur causée par l'échauffement des résidus, des parois de l'arme, du projectile, etc., etc.

D'après Joule, Dr Mayer, Favre, Hirn 1 grande calorie (k. d.) vaut 425 kgm. de travail mécanique.

D'après les travaux récents (Joule, Miculescu, Griffiths, Rowland) on aurait 427 kgm.

1 calorie petite vaut 427 grammes-mètre ou 42700 grammes-centimètre ou 42700 × 980,96 ergs.

D'après Rowland

à 15° 1 calorie petite = 41890000 ergs
à 18° „ „ = 41830000 „

Chaleur dégagée.

196. — La chaleur dégagée par l'explosion peut être mesurée expérimentalement au moyen de calorimètres spéciaux. MM. Roux et Sarrau font usage d'une bombe cylindrique en fonte très résistante, dans laquelle ils introduisent quelques grammes de matières explosives qu'on enflamme électriquement. La bombe est plongée dans de l'eau renfermée dans un vase en cuivre rouge; on note l'élévation de température au moyen de laquelle on calcule la quantité de calories dégagées par l'explosion, d'après la méthode ordinaire.

M. Berthelot fait usage d'un appareil analogue. La pression ne dépasse pas 200 atmosphères.

M. Bichel a agrandi le calorimètre de M. Berthelot de manière à pouvoir employer 100 gr. et plus d'explosif; il emploie un réservoir en acier de 30 litres de contenance. L'explosif est suspendu au centre et enflammé électriquement. L'eau qui enveloppe le calorimètre a un volume de 70 litres. Le mélange s'opère mécaniquement.

On sait que la *calorie* est la quantité de chaleur nécessaire pour porter la température de 1 gramme d'eau de 0° à 1°; on l'appelle la *petite calorie* (g. d. gramme-degré).

Mais la grandeur des quantités de chaleur dégagée dans les explosions, rend plus commode l'emploi de la *grande calorie* (k. d. kilogramme-degré), qui vaut mille petites calories.

On rapporte souvent les températures, non pas à la température du zéro centigrade (glace fondante), mais à la température absolue — 273°. Ce zéro absolu est la température qui correspond à l'absence complète de chaleur dans les corps, c'est-à-dire à la cessation du mouvement vibratoire des molécules.

En effet, le coefficient de la dilatation de l'air est $0{,}00366 = \frac{1}{273}$; supposons un volume d'air égal à l'unité et à la température du zéro centigrade; soit F sa force élastique; à t° le volume sera $1 + \alpha t$ et la force élastique $F(1 + \alpha t)$; les forces élastiques croissant à *volume constant* dans le rapport de 1 à $1 + \alpha t$.

Si l'on admet qu'à la température du zéro absolu, l'air est encore gazeux et soumis à la loi de Mariotte, l'expression $F(1 + \alpha t)$ représente toujours sa force élastique; or, celle-ci est nulle, puisque tout mouvement vibratoire des molécules a cessé; on a ainsi :

$$F(1 + \alpha t) = 0; \quad \text{d'où} \quad t = -\frac{1}{\alpha} = -273^\circ.$$

Supposons que Q_{gp} soit le nombre de calories dégagées à *pression constante par un gramme* de matière explosive, quand les produits de la détonation passent de leur température maximum à la température du zéro absolu; soit q_{gp} le nombre de calories dégagées à pression constante par le même poids de l'explosif quand les produits de la détonation passent de leur température maximum à la température ambiante t, c'est-à-dire celle de l'eau du calorimètre avant l'explosion.

Enfin, admettons que C_{gp} soit la chaleur spécifique (g. d.) sous pression constante des produits de la décomposition.

Il viendra alors :

$$Q_{gp} = q_{gp} + C_{gp}(t + 273).$$

197. Chaleurs spécifiques. — Dans l'étude des explosifs, on peut devoir faire usage des chaleurs spécifiques des gaz à volume constant ou à pression constante.

La chaleur spécifique d'un gaz à *pression constante* (C_{gp}), c'est le nombre de calories qu'il faut dépenser pour chauffer l'unité de poids de ce gaz (1 gramme) de 0° à 1° en lui permettant de se

dilater, de façon que sa pression reste constante. C'est le cas d'un gaz se détendant dans l'air.

La chaleur spécifique d'un gaz à *volume constant* (C_{gv}), c'est le nombre de calories qu'il faut dépenser pour amener l'unité de poids de ce gaz de 0° à 1°, le gaz étant enfermé dans une enveloppe inextensible.

La chaleur moléculaire n'est pas la même à pression constante et à volume constant. Pour l'air le rapport $\frac{C_{gp}}{C_{gv}} = 1,405$, $H = 1,415$, $N = 1,415$, $O = 1,403$, $HCl = 1,420$, $CO = 1,411$, $Cl = 1,304$, $NH^3 = 1,303$, $H^2O = 1,300$, $SO^2 = 1,256$, $CO^2 = 1,265$.

On peut adopter le rapport approximatif :

$$\frac{C_{gp}}{C_{gv}} = 1,31 \text{ (gaz simples ou composés sans condensation).}$$

Cette valeur est un peu moindre pour les autres gaz et variable.

Les déterminations expérimentales prouvent :

1° Que la chaleur spécifique à pression constante des gaz simples et composés sans condensation, est indépendante de la pression et de la température.

2° Que la chaleur spécifique des autres gaz composés est indépendante de la pression et augmente avec la température.

198. Chaleur moléculaire. — On fait souvent usage de la chaleur spécifique moléculaire; elle vaut la chaleur spécifique multipliée par le poids moléculaire du corps.

Nous appellerons la chaleur moléculaire sous volume constant C_{mv}, et la chaleur moléculaire sous pression constante C_{mp}.

On a : $C_{mp} - C_{mv} = 2$ environ pour les gaz parfaits.

Prenons en effet une molécule gramme de gaz à la pression de 760 mm. et élevons sa température de 1°; le gaz se dilate de 1/273 de son volume à 0° c.-à-d. de $\frac{Vo}{273}$ c³. Le gaz refoule l'air qui réagit avec une pression de 1033 grammes par c² sur un chemin parcouru de $\frac{Vo}{273}$. Le travail vaut

$$T = Po \frac{Vo}{273} = 84750 \text{ grammes centimètres.}$$

or 1 calorie-gramme équivaut à 425 grammes-mètre ou 42500 grammes-centimètre d'où $\frac{84750}{42500} = 1,994$ soit 2.

199. Chaleurs spécifiques de quelques gaz à pression constante (C_{gp}) (par rapport à l'eau).

CORPS.	FORMULES.	POIDS MOLECULAIRES. m.	C_{gp}.	$C_{mp} = C_{gp} \times m$.
Air	—	—	0,2375	
Oxygène	O^2	32	0,2175	6,9600
Azote	Az^2	28	0,2434	6,8152
Hydrogène	H^2	2	3,4100	6,8200
Acide carbonique	CO^2	44	0,2150	9,4600
Protoxyde d'azote	Az^2O	44	0,2262	9,9528
Gaz oléfiant	C^2H^4	28	0,3405	9,5350
Chlore	Cl^2	70	0,1210	8,4700
Acide sulfureux	SO^2	64	0,1544	9,8816
" chlorhydrique	HCl	36,5	0,1845	6,7842
" sulfhydrique	H^2S	34	0,2432	8,2688
Bioxyde d'azote	AzO	30	0,2317	6,9510
Vapeur d'eau	H^2O	18	0,4800	8,6400
Gaz ammoniac	AzH^3	17	0,5084	8,6428
Oxyde de carbone	CO	28	0,2479	6,9412
Gaz des marais	CH^4	16	0,6598	9,5560

Chaleurs spécifiques moléculaires (pression constante).

On peut admettre que C_{mp} est constant, indépendant de p et de t pour les gaz simples ou composés sans condensation. Pour les autres gaz ou vapeurs, la valeur de C_{mp} est plus grande; elle augmente avec la complexité de la molécule et avec la température. On peut admettre la valeur de 6,82 (C_{mp} pour H).

200. Chaleurs spécifiques de quelques gaz à vol. const. (C_{gv}).

CORPS.	FORMULES.	POIDS MOLÉCULAIRES.	CHALEUR SPÉCIFIQUE A VOLUME CONSTANT.	CHALEUR MOLÉCULAIRE A VOLUME CONSTANT. Cmv.
Hydrogène	H^2	2	2,411	4,822
Azote	Az^2	28	0,173	4,844
Oxygène	O^2	32	0,155	4,960
Chlore.	Cl^2	71	0,093	6,603
Oxyde de carbone . .	CO	28	0,173	4,86
Acide carbonique . .	CO^2	44	0,172	7,568
Bioxyde d'azote . .	AzO	30	0,165	4,95
Acide chlorhydrique .	HCl	36,5	0,1304	4,76
Eau	H^2O	18	0,370	6,66
Acide sulfhydrique .	H^2S	34	0,184	6,26
Protoxyde d'azote. .	Az^2O	44	0,181	7,76
Anhydride sulfureux.	SO^2	64	0,123	7,87
Ammoniaque . . .	AzH^3	17	0,391	6,65
Gaz des marais . . .	CH^4	16	0,468	7,49
Éthylène.	C^2H^4	28	0,359	7,535
Sulfure de carbone. .	CS^2	76	0,131	9,99

201. Poids atomiques des divers corps. — (O = 16).

Aluminium	27,1	Magnésium	24,36
Antimoine	120,2	Manganèse	55
Argent	107,93	Mercure	200
Arsenic	75	Oxygène	16
Azote	14,01	Phosphore	31
Baryum	137,4	Plomb	206,9
Calcium	40,1	Potassium	39,15
Carbone	12	Sodium	23,05
Chlore	35,45	Soufre	32,06
Chrome	52,1	Strontium	87,6
Cuivre	63,6	Zinc	65,4
Iode	126,97		

DÉTERMINATION THÉORIQUE DE LA CHALEUR DE L'EXPLOSION.

202. Elle repose sur un des principes de thermo-chimie établis par M. Berthelot :

La chaleur dégagée, pour passer d'un système composé à un second système composé, est égale à la différence des chaleurs de formation des composés de l'état final et des composés de l'état initial.

Le temps de la réaction n'intervient pas dans la quantité de chaleur dégagée; mais, comme nous le verrons plus loin, le temps d'une réaction explosive a une influence énorme sur les effets de la dislocation produite.

203. La détermination de la chaleur de combustion exige donc la connaissance de la réaction chimique qui s'opère entre les éléments du corps explosif; or, elle peut être établie quand on sait la composition chimique de la substance, ainsi que la composition des produits de l'explosion. La constitution de l'explosif est ordinairement connue et les produits de son explosion peuvent être prévus d'avance, quand le corps est à combustion complète, c'est-à-dire, quand il contient assez d'oxygène pour donner naissance à des composés stables au maximum d'oxydation.

C'est le cas de la nitroglycérine, de la nitromannite :

$$2C^3H^5(AzO^2)^3O^3 = 6CO^2 + 5H^2O + 3Az^2 + \tfrac{1}{2}O^2$$
$$C^6H^8(AzO^2)^6O^6 = 6CO^2 + 4H^2O + 3Az^2 + O^2$$

Cette limite correspond à l'effet thermique maximum.

Quand l'oxygène n'est pas en quantité suffisante, on peut faire l'analyse des produits de l'explosion; il faut noter que, dans ce cas, les produits formés varient avec la température, la pression, la détente, les effets mécaniques, etc. On remarque notamment que les produits se modifient lorsqu'on augmente la *densité de chargement* [1],

[1] La densité de chargement, c'est le rapport entre le poids en grammes de l'explosif et le volume en centim. cubes de l'enceinte dans laquelle il fait explosion.

c'est-à-dire en soumettant le produit de la décomposition à des pressions variant de plusieurs milliers d'atmosphères.

Tel est le cas du coton-poudre et du picrate de potassium.

Coton-poudre

$C^{24}H^{29}O^{20}(AzO^2)^{11} = 15CO + 9CO^2 + 9H^2O + 5{,}5H^2 + 5{,}5Az^2$
faible densité de chargement, air libre.

$C^{24}H^{29}O^{20}(AzO^2)^{11} = 12CO + 12CO^2 + 6H^2O + 8{,}5H^2 + 5{,}5Az^2$
forte densité de chargement, sous pression.

Picrate de potassium

$2C^6H^2(AzO^2)^3OK = Az^2 + 4CO^2 + 2AzO + 2CAzH + H^2O + CO^3K^2 + C^5$ (air libre).

$2C^6H^2(AzO^2)^3OK = 3Az^2 + 5CO^2 + 2H^2 + CO + CO^3K^2 + C^5$ (sous pression).

Pour établir la formule de décomposition d'un explosif à combustion incomplète, on porte d'abord l'oxygène sur le carbone pour former CO et le restant se répartit par parties égales entre H et CO pour former H^2O et CO^2 ; cela concorde avec les analyses des gaz.

Exemples de calculs.

204. D'après le principe de thermo-chimie, il suffit de connaître les chaleurs de formation des matières explosives depuis leurs éléments et celles des produits de l'explosion, et de retrancher la première quantité de chaleur de la seconde, pour obtenir la chaleur développée pendant l'explosion.

Dans la table suivante, nous donnons les chaleurs de formation de la plupart des matières qui interviennent dans l'étude des explosifs.

Les chaleurs de formation sont relatives aux poids moléculaires des substances. Ainsi, comme on le voit, l'acide chlorhydrique dégage dans sa formation + 22, cela veut dire que H = 1 gramme d'hydrogène et Cl = 35,5 grammes de chlore, en se combinant, dégagent assez de chaleur pour échauffer 22 kilogrammes d'eau de 0° à 1°, soit 22 calories (k. d), en fournissant 36,5 gr. d'acide chlorhydrique.

Chaleur de formation des principales combinaisons chimiques, les composants et les composés étant pris dans leur état actuel à + 15° c. Les gaz sous la pression normale constante — grandes calories.

NOMS.	COMPOSÉS.	POIDS D'UNE MOLE.	CHALEUR DÉGAGÉE LE PRODUIT ÉTANT			
			GAZEUX.	LIQUIDE.	SOLIDE.	DISSOUS.
Acide chlorhydrique.	$H+Cl=HCl$	36,5	22,0	—	—	39,4
" bromhydrique.	HBr	81	8,6	—	—	28,6
Eau	H^2O	18	58,3	69,0	70,4	69
Hydrogène sulfuré .	H^2S	34	4,8	—	—	9,4
Ammoniaque . . .	NH^3	17	12,2	16,6	—	21,0
Hydroxylamine . .	NH^3O	33	—	—	27,6	23,8
Hydrogène phosphoré	PH^3	34	4,9	—	—	—
" arsénié .	AsH^3	78	— 44,2	—	—	—
" antimonié.	SbH^3	125	— 86,8	—	—	—
Acétylène	C^2H^2	26	— 58,1	—	—	—
Éthylène	C^2H^4	28	— 14,6	—	—	—
Éthane	C^2H^6	30	23,3	—	—	—
Méthane.	CH^4	16	18,9	—	—	—
Anhydride chloreux.	Cl^2O	87	— 15,1	—	—	—
Acide hypochoreux .	$ClOH$	52,5	—	—	—	31,65
" chlorique hyd.	ClO^3H	84,5	—	—	—	22,0
" perchlorique hyd.	ClO^4H	100,5	—	—	18,8	—
Anhydride sulfureux.	SO^2	64	69,3	74,7	—	77,6
Anhydride sulfurique	SO^3	80	92	—	103,8	141,1
Acide sulfurique . .	SO^4H^2	98	—	192,2	193,1	210,1
" hyposulfureux.	$S^2O^3H^2$	114	—	—	—	141,7
Protoxyde d'azote .	N^2O	44	— 20,6	— 18,8	—	— 14,4
Bioxyde d'azote . .	NO	30	- 21,6	—	—	—
Anhydride azoteux .	N^2O^3	76	— 21,4	—	—	30,3
Acide azoteux . . .	NO^2H	47	— 1,7	2,6	—	—
Peroxyde d'azote. .	NO^2	46	— 7,9	—	—	—
Anhydride azotique .	N^2O^5	108	— 1,2	—	—	—
Acide nitrique. . .	NO^3H	63	34,4	41,6	42,2	48,8
" hypophosphoreux	PO^2H^3	66	—	141,8	141,1	143,9
" phosphoreux . .	PO^3H^3	82	—	225,7	228,9	228,8
Anhydride phosphorique	P^2O^5	142	—	—	365,2	400,9
Acide phosphorique .	PO^4H^3	98	—	301,6	304,1	306,75
Anhydride arsénieux.	As^2O^3	198	—	—	—	—
" arsénique.	As^2O^5	230	—	—	156,4	148,9
Oxyde stannique . .	SnO^2	150,1	—	—	219,0	225
Oxyde de carbone . .	CO	28	26,1	—	141,3	—

NOMS.	COMPOSÉS.	POIDS D'UNE MOLE.	CHALEUR DÉGAGÉE LE PRODUIT ÉTANT			
			GAZEUX.	LIQUIDE.	SOLIDE.	DISSOUS.
Anhydride carbonique	CO^2	44	94,3	—	—	99,9
Acide oxalique . .	$C^2H^2O^4$	90	—	—	197,6	193,3
Chlorure de soufre .	S^2Cl^2	135	10,9	17,6	—	-
Sulfure d'antimoine .	Sb^2S^3	340	—	—	54,4	—
Sulfure de carbone .	CS^2	76	— 25,4	— 19	—	—
Cyanogène	C^2N^2	52	— 73,9	— 68,5	—	— 67,1
Acide sulfocyanique .	CNHS	59	—	—	—	185
Oxyde de potassium .	K^2O	94,2	—	—	98,2	165,2
Hydrate de potassium	KHO	56,1	—	—	104,6	117
Oxyde de sodium . .	Na^2O	62	—	—	100,9	155,8
" de calcium. .	CaO	56	—	—	131,5	149,6
" de strontium .	SrO	103,5	—	—	131,2	158,1
" baryum. . .	BaO	153,1	—	—	—	—
" magnésium .	MgO	40	—	—	143,4	—
" manganèse. .	MnO	71	—	—	90,9	—
" " . .	MnO^2	87	—	—	125,3	—
" " . .	Mn^3O^4	289	—	—	328,0	—
" de fer . . .	FeO	72	—	—	65,7	—
" " . . .	Fe^2O^3	160	—	—	195,6	—
" " . . .	Fe^3O^4	232	—	—	270,8	—
" de plomb . .	PbO	221,9	—	—	50,8	—
" " . .	PbO^2	237,9	—	—	63,4	—
" de mercure. .	Hg^2O	416	—	—	22,2	—
" " . .	HgO	216	—	—	21,5	—
Chlorure de potassium	KCl	74,6	—	—	105,7	—
" sodium .	NaCl	58,5	—	—	97,9	—
" ammonium.	NH^4Cl	53,5	—	—	76,8	—
" calcium .	$CaCl^2$	111,0	—	—	169,9	—
Cyanure de potassium	KCN	65,1	—	—	30,1	—
" sodium .	NaCN	49	—	—	22,6	-
Ferrocyanure K . .	$FeK^4C^6N^6$	368,4	—	—	137,2	—
Ferricyanure K . .	$FeK^6C^{12}N^{12}$	658,6	-	—	109,5	—
Sulfure de potassium.	K^2S	110,2		—	103,5	—
" sodium. .	Na^2S	78	—	—	89,3	—
Carbure de sodium .	C^2Na^2	70	—	—	— 9,8	—
" calcium .	CaC^2	64	—	—	— 7,25	—
Hypochlorite K . .	ClOK	90,6	—	—	—	89,35
Chlorate K	$KClO^3$	122,6	—	—	93,8	—
" Na . . .	$NaClO^3$	106,5	—	—	84,8	—
" Ba. . . .	$BaCl^2O^6$	304,1	—	—	— 37,8	—
Perchlorate K . . .	$KClO^4$	138,6	—	—	113,5	—
Sulfate K	SO^4K^2	174,2	—	—	344,3	—

NOMS.	COMPOSÉS.	POIDS D'UNE MOLÉ.	CHALEUR DÉGAGÉE LE PRODUIT ÉTANT			
			GAZEUX.	LIQUIDE.	SOLIDE.	DISSOUS.
Sulfate Na	SO^4Na^2	142	—	—	328,1	—
" Ca	SO^4Ca	136	—	—	317,4	—
" Sr	SO^4Sr	184,5	—	—	330,2	—
Nitrate K	NO^3K	101,1	—	—	119	—
" Na	NO^3Na	85	—	—	110,7	—
" Ca	N^2O^6Ca	164	—	—	202	—
" Sr	N^2O^6Sr	211,5	—	—	220	—
" Pb	N^2O^6Pb	330,9	—	—	105,4	—
" Ag	NO^3Ag	169	—	—	28,7	—
Carbonate K . . .	CO^3K^2	138,2	—	—	278,8	—
" Na . . .	CO^3Na^2	106	—	—	270	—
" Ca . . .	CO^3Ca	100	—	—	269	—
" Pb . . .	CO^3Pb	266,9	—	—	166,7	—
Oxalate K	$C^2O^4K^2$	162,2	—	—	324,7	—
" Am . . .	$C^2O^4(NH^4)^2$	124	—	—	270	—
" Ca	C^2O^4Ca	128	—	—	312,9	—
Méthane	CH^4	16	18,9	—	—	—
Éthane	C^2H^6	30	23,3	—	—	—
Éthylène	C^2H^4	28	—14,6	—	—	—
Acétylène	C^2H^2	26	—58,1	—	—	—
Propane.	C^3H^8	44	30,5	—	—	—
Benzol	C^6H^6	78	—11,3	—	—	—
Styrol	C^8H^8	104	—	—16,1	—	—
Nitrométhane . . .	CH^3NO^2	61	21,8	28,8	—	—
" éthane . . .	$C^2H^5NO^2$	75	31,9	—	—	—
" benzol . . .	$C^6H^5NO^2$	123	-2 env.	5,1	—	—
o. dinitrobenzol . .	$C^6H^4(NO^2)^2$	168	—	—	0,3	—
m. " . .	—	—	—	—	6,8	—
p. " . .	—	—	—	—	8,4	—
Trinitrobenzol (1.3.5)	$C^6H^3(NO^2)^3$	213	—	—	5,5	—
Nitrotoluol. . . .	$C^7H^7NO^2$	137	—	20,1	—	—
" naphtaline . .	$C^{10}H^7NO^2$	173	—	— 2,2	—6,5	—
Glycérine	$C^3H^8O^3$	92	—	161,7	167,1	—
Érythrite	$C^4H^{10}O^4$	122	—	—	219,7	—
Mannite.	$C^6H^{14}O^6$	182	—	34,5	320,3	—
Phénol	C^6H^6O	94	—	46,4	36,8	—
o. nitrophenol . .	$C^6H^5NO^3$	139	—	—	50,1	—
p. " . .	—	—	—	—	49,2	—
Trinitrophénol . .	$C^6H^3N^3O^7$	229	—	—	46,8	—
Picrate K	$C^6H^2KN^3O^7$	267,1	—	—	110,1	—
" Na	— Na —	251	—	—	103,4	—
" Am.	— Am —	246	—	—	81,9	—

NOMS.	COMPOSÉS.	POIDS D'UNE MOLE.	CHALEUR DÉGAGÉE, LE PRODUIT ÉTANT			
			GAZEUX.	LIQUIDE.	SOLIDE.	DISSOUS.
Picrate Ca	$C^6H^2Ca\frac{1}{2}N^3O^7$	496	—	—	185,4	—
» Sr	— Sr —	543,5	—	—	196	—
» Pb	— Pb —	661,9	—	—	82,2	—
Nitroglycérine . .	$C^3H^5(NO^3)^3$	227	—	94,2	—	—
» mannite . . .	$C^6H^8(NO^3)^6$	432	—	—	179,4	—
» cellulose. . .	$C^{24}H^{40}(NO^3)^{11}$	624	—	—	745,6	—
Guanidine	CH^5N^3	87	—	—	19,2	28,4
Nitrate de guanidine	$CH^5N^3NO^3H$	150	—	—	93,5	83,4
Nitroguanidine . .	$CH^3N^4O^2$	132	—	—	22,0	—
Diazobenzol nitrate.	$C^6H^4N^2NO^3H$	167	—	—	—45,6	—
» chlorhydrate.	$C^6H^4N^2HCl$	140,5	—	—	—	—45,4
Azobenzol	$C^{12}H^{10}N^2$	182	—	—84,3	—79,2	—
Nitrate Am. . . .	NO^3NH^4	80	—	—	87,9	—
Sulfure d'azote . .	NS	46	—	—	—31,9	—
Térébenthine . . .	$C^{10}H^{16}$	136	—	8,6	—17,0	—
Anthracène. . . .	$C^{14}H^{10}$	178	—	—	—42,4	—
Alcool méthylique .	CH^4O	32	53,6	62,0	—	64
» éthylique . .	C^2H^6O	46	60,7	70,5	—	73
» propylique .	C^3H^8O	60	—	67,0	—	70
Mannite-dulcite . .	$C^6H^{14}O^6$	182	—	—	320	—
Glucoses et isomères	$C^6H^{12}O^6$	180	—	—	306	303
Glycol	$C^2H^6O^2$	62	—	111,7	—	113,4
Cellulose (coton) . .	$C^6H^{10}O^5$	162	—	—	227	—
Saccharose et isomères	$C^6H^{12}O^6$	—	—	—	269	—
Fulminate de mercure	$C^2N^2O^2Hg$	284	—	—	—63,5	—
Nitrate de méthyle .	CH^3NO^3	77	—	39,9	—	—
» d'amyle . .	$C^5H^{11}NO^3$	133	7	7,1	—	—
Naphtaline. . . .	$C^{10}H^8$	128	—	—	—27,4	—
Mononitronaphtaline	$C^{10}H^7O^2N$	173	—	—	—14,7	—
Binitro » . .	$C^{10}H^6O^4N^2$	218	—	—	— 5,7	—
Trinitro » . .	$C^{10}H^5O^6N^3$	263	—	—	3,3	—

On sait que les changements d'état des corps sont accompagnés d'une absorption ou d'un dégagement de chaleur : ainsi 1 kilogramme d'eau à 0°, pour passer de l'état liquide à l'état solide, dégage 79,25 calories et par contre pour passer de l'état solide à l'état liquide il absorbe 79,25 calories; c'est cette quantité de chaleur qu'on appelle la chaleur latente de fusion de la glace. Un gramme de glace absorbe donc 0,07925 calorie pour fondre et 18 grammes de glace, c'est-à-

dire la quantité exprimée par H^2O en absorberont : $18 \times 0,07925 = 1,4265$, ce qu'on peut encore exprimer en disant qu'ils dégageront — 1,42 calories. De là le chiffre 69 pour l'état liquide.

De même 1 kilogramme d'eau liquide à 100° absorbe 527 calories pour se transformer en vapeur ou eau gazeuse à 100°, et H^2O, soit la molécule d'eau pesant 18 grammes prise à l'état liquide à 100°, absorbera le produit $18 \times 0,537 = 9,666$ calories (ou dégagera — 9,66 calories) pour passer à l'état de gaz ou de vapeur à 100°.

Recherche de la chaleur de combustion.

206. — 1° Cas de la nitroglycérine détonant sous pression constante (à l'air libre).

L'équation de la réaction est la suivante :

$$2C^3H^5(AzO^2)^3O^3 = 6CO^2 + 5H^2O + 3Az^2 + \tfrac{1}{2}O^2.$$

Chaleur de formation de 2 molécules de nitroglycérine $= 2 \times 94,2 = 188,4$
" " 6 " d'acide carboniq. $= 6 \times 94,3 = 565,8$
" " 5 " d'eau (gazeuse) $= 5 \times 58,3 = 291,5$

L'azote et l'oxygène étant des corps solides ne donnent rien.

Il vient donc, d'après le principe de la thermo-chimie :

$(565,8 + 291) - 188,4 = 668,9$ cal. pour 2 moléc. de nitrogl. (2×227).

Donc $Q_{mp} = \frac{669}{2} = 334,5$ calories (k . d) et pour 1 kilogramme :

$Q_{kp} = \frac{334.5 \times 1000}{227} = 1472$ calories à press. const. (eau gazeuse).

Si l'on considère la chaleur de formation de l'eau liquide au lieu de celle de l'eau gazeuse, il faut prendre le chiffre 69 au lieu de 58,3 ; on aurait alors, tout calcul fait :

$Q_{mp} = 361,2$ et $Q_{kp} = 1591$ calories (k . d) (eau liquide).

Cela revient à ajouter à la chaleur émise, celle dégagée par la condensation de la vapeur d'eau.

Dans tous les calculs qui suivront, nous considérerons toujours l'eau comme gazeuse.

207. — 2° Lorsque le corps explosif ne contient pas assez d'oxygène pour donner une combustion complète, on peut le faire détoner dans une atmosphère d'oxygène pur.

Soit le nitrobenzol :

$$2C^6H^5AzO^2 + 25O = 12CO^2 + 5H^2O + Az^2.$$

Chaleur de format. de 2 moléc. de nitrobenzine		$2 \times 5,1$	=	10,2
" " 12 " d'acide carboniq.		12×94	=	1128,0
" " 5 " eau (gazeuse)		$5 \times 58,3$	=	291 ;

d'où $(1128 + 291) - 10,2 = 1408,6$ pour 2 molécules (2×123 gr.) ;

d'où : $Q_{mp} = 704,3$ calories.
$Q_{kp} = 5726$ calories.

Si l'on considère la nitrobenzine mêlée d'oxygène comme formant un ensemble explosible, au lieu de n'avoir égard qu'à la nitrobenzine seule, le poids moléculaire est alors : $m = 2 \times 123 + 25 \times 16 = 646$.

Dans ce cas, on a : $Q_{mp} = 1408,6$ calories.
$Q_{kp} = 2180,0$ calories.

3° En pratique, l'oxygène provient d'un oxydant ; alors il faut tenir compte de la chaleur de formation propre de cet oxydant. Supposons qu'on mêle la nitrobenzine avec du chlorate de potassium, dans des proportions telles que la combustion soit complète :

$$2C^6H^5\,AzO^2 + \tfrac{25}{3}\,KClO^3 = 12CO^2 + 5H^2O + Az^2 + \tfrac{25}{3}\,KCl.$$

Chaleur de format. de 2 moléc. de nitrobenzine		$2 \times 5,1$		10,2
" " $\frac{25}{3}$ " chlorate		$\frac{25}{3} \times 93,8$		781,6
" " du mélange explosif				791,8
" " 12 molécules CO^2		12×94	=	1128
" " 5 " H^2O		$5 \times 58,3$	=	291
" " $\frac{25}{3}$ " KCl		$\frac{25}{3} \times 105$	=	875
				2294,0
			—	791,8
			+	1502

Soit pour 1 molécule de nitrobenzine 751.

Si l'on tient compte de la présence du chlorate de potassium, le poids moléculaire du premier membre vaut :

$$m = 123 \times 2 + \tfrac{25}{3} \times 122,5 = 1266,8 \text{ grammes.}$$

Alors $Q_{mp} = 1502$ calories.

$Q_{kp} = 1187$ calories.

La quantité de chaleur dégagée est donc beaucoup moindre qu'avec l'oxygène pur.

Actuellement qu'on est en possession d'oxygène liquide on peut mélanger celui-ci dans les trous de mine avec des matières combustibles et faire détoner à la capsule. C'est l'*oxyliquit* qui a reçu des applications intéressantes.

Volume des gaz.

208. Ce volume peut être mesuré expérimentalement, en recueillant les gaz dans une cloche graduée après leur formation dans la bombe calorimétrique. On peut aussi l'évaluer théoriquement pour toute réaction bien connue.

Soit l'explosion d'une poudre ternaire à combustion complète :

$$10AzO^3K + 3S + 8C = 3SO^4K^2 + 2CO^3K^2 + 6CO^2 + 5Az^2.$$

Cette formule nous apprend que : 1010 gr. de salpêtre + 96 gr. de soufre + 96 gr. de carbone donnent 264 gr. d'acide carbonique + 140 gr. d'azote.

Un litre d'acide carb. pèse 1 gr. 97 à 0° et 0.760 (voir table n° **210**).

" d'azote " 1 gr. 25 " " "

L'explosion a donc produit :

$\frac{264}{1.97} = 134$ litres de CO^2 à 0° et 0,760.

$\frac{140}{1.25} = 112$ litres de Az à 0° et 0,760.

Total : 246 litres de gaz $= V_m$.

Le poids du mélange explosif est $1010 + 96 + 96 = 1202$ gr., par conséquent, 1 kilogr. de ce mélange explosif dégage : $V_k = \frac{246 \times 1000}{1202}$ $= 204,6$ litres de gaz à 0° et 0,760.

209. Recherche du volume des gaz basée sur les volumes moléculaires. — On peut calculer le volume des gaz produits par une réaction d'une façon beaucoup plus rapide, et sans avoir recours aux poids spécifiques individuels des gaz.

On sait que les volumes moléculaires sont les volumes qu'occupent les poids moléculaires des gaz à 0° et sous 0,760 de pression. Ces volumes sont les quotients des poids moléculaires par les densités ou les poids de l'unité de volume :

$$V_m = \frac{P_m}{D} = \text{constante.}$$

On sait, par exemple, que la molécule H^2, pesant 2 gr., occupe un volume de 22,32 litres à 0° et à 0,760.

Les volumes moléculaires sont les mêmes pour tous les gaz.

Cela résulte de la loi de Gay-Lussac qui dit, que le produit du volume spécifique d'un corps simple gazéfié, par son poids atomique ou par un multiple simple de ce poids atomique est une constante.

Le *volume spécifique* est le volume de l'unité de poids d'un gaz à 0° et sous 0^m76 de pression. Il est l'inverse du poids spécifique ou poids de l'unité de volume du gaz à 0° et sous 0,76.

La constante est précisément le volume moléculaire.

Le volume moléculaire d'un gaz est le produit de son volume spécifique par son poids moléculaire; or, Ampère et Avogadro admettent que des volumes égaux des gaz parfaits à la même pression et à la même température renferment le même nombre de molécules, le volume moléculaire des gaz est donc constant.

On a : Si m est le poids moléculaire et V le volume spécifique

$$mV = C,$$

pour l'hydrogène,

$$m = 2 \qquad V = 11^l160,$$

d'où

$$C = 2 \times 11,160 = 22^l32.$$

Exemples :

Hydrogène	H^2	$: \frac{2}{0.08951} = 22,32$	litres.
Azote	Az^2	$: \frac{28}{1.254} = 22,32$	»
Acide sulfhydrique	H^2S	$: \frac{34}{1.523} = 22,32$	»
Anhydride sulfureux	SO^2	$: \frac{64}{2.868} = 22,32$	»
Acide carbonique	CO^2	$: \frac{44}{1.971} = 22,32$	»

Si nous reprenons la formule d'explosion :

$$10AzO^3K + 3S + 8C = 3SO^4K^2 + 2CO^3K^2 + 6CO^2 + 5Az^2;$$

il vient : $6CO^2 = 6 \times 22,32 = 133^l,92$

$5Az^2 = 5 \times 22,32 = 111^l,60$

Total : $245^l,52$ litres à 0° et 0,760.

Donc $V_m = 245,52$.

210. Poids du litre des gaz à 0° et à 0,760.

GAZ.	FORMULES.	POIDS MOLÉCUL.	POIDS DU LITRE.	VOLUME MOLÉCUL.
Oxygène	O^2	32	1,433	22,32 litres à 0° sous 0.760 de pression.
Hydrogène	H^2	2	0,089	
Azote	Az^2	28	1.254	
Chlore	Cl^2	71	3,38	
Brome	Br^2	160	7,16	
Iode	I^2	254	11,18	
Soufre	S^2	64	2,87	
Phosphore	Ph^4	124	2,78	
Mercure	Hg	200	8,96	
Acide chlorhydrique	HCl	36,5	1,635	
» bromhydrique	HBr	81	2,63	
» iodhydrique	HI	128	5,73	
» fluorhydrique	HFl	20	0,896	
Vapeur d'eau	H^2O	18	0,806	
Acide sulfurique	H^2S	34	1,523	
Ammoniaque	AzH3	17	1,761	
Protoxyde d'azote	Az^2O	44	1,971	
Bioxyde	AzO	30	1,343	
Anhydride azoteux	Az^2O^3	76	3,40	
Peroxyde azoteux	AzO^2	46	2,06	
Acide sulfureux	SO^2	64	2,87	
Oxyde de carbone	CO	28	1,254	
Acide carbonique	CO^2	44	1,971	
Anhydride chloreux	Cl^2O^3	119	5,33	
» hypochloreux	Cl^2O	87	3,90	
Oxyde hypochlorique	Cl^2O^4	135	3,024	
Gaz des marais	CH^4	16	0,716	
Hydrogène phosphoré	PhH^3	34	1,52	
» arsénié	AzH^3	78	3,49	
Ethane	C^2H^6	30	1,343	
Ethylène	C^2H^4	28	1,254	
Acétylène	C^2H^2	26	1,165	
Cyanogène	C^2Az^2	52	2,230	
Acide cyanhydrique	CAzH	27	1,210	

211. Chaleur dégagée sous volume constant. — Si la décomposition a lieu sous volume constant, par exemple, en vase clos, la chaleur développée est un peu plus grande qu'à l'air libre à pression constante. Les gaz développés à l'air libre exécutent un travail de refoulement de l'air, ce qui absorbe de la chaleur.

Il existe une relation entre ces deux quantités de chaleur que M. Berthelot évalue comme suit :

Soient Q_{mp} la chaleur dégagée par la réaction à pression constante jusqu'à la température t ambiante, pour 1 molécule, en grandes calories.

Q_{mv} la chaleur dégagée par la réaction à volume constant jusqu'à la température t ambiante, pour 1 molécule, en grandes calories.

On a évidemment :

$$Q_{mp} < Q_{mv}.$$

Or, la chaleur absorbée est la conséquence d'un travail effectué : les gaz, sous une pression extérieure constante, se dilatent et refoulent l'air ambiant.

Soit M le travail ainsi produit; l'équivalent calorifique de ce travail sera :

$\frac{M}{E}$, E étant l'équivalent mécanique de la chaleur.

Il vient alors :

$$Q_{mp} + \frac{M}{E} = Q_{mv}.$$

Mais le travail M dû à la détente des gaz vaut :

$$M = \int_{v_0}^{v_1} p dv = p \int_{v_0}^{v_1} dv$$

p étant la pression constante atmosphérique = 10 335 Kg. par m².
v étant le volume des gaz.

d'où :

$$M = p(v_1 - v_0)$$

v_0 étant le volume des gaz avant dilatation
v_1 » » » après »

$v_1 - v_0$ représente donc la dilatation.

Or,
$$v_1 = n' \times 22{,}32\,(1 + \alpha t)$$
$$v_0 = n \times 22{,}32\,(1 + \alpha t)$$
(t température ambiante au-dessus de 0° c.)

n' étant le nombre d'unités de volume des gaz ou le nombre de molécules gazeuses après dilatation ; n étant le nombre d'unités de volume avant dilatation.

Or l'unité de volume adoptée est le volume moléculaire de 22l32.

On a donc finalement :

$$\frac{M}{E} = \frac{10335 \times 22{,}32}{425 \times 1000}\,(n' - n)\,(1 + \alpha t).$$

(Comme 425 est exprimé en Kg., il faut que la pression p soit rapportée au mètre = 10335 Kg. et 22,32 litres doivent être rapportés au mètre cube, c.-à-d. $\frac{22{,}32}{1000}$)

ou
$$\frac{M}{E} = 0{,}5424\,(n' - n)\,(1 + \alpha t),$$

or
$$\alpha = \frac{1}{273} \text{ et } 0{,}5424 = 2 \times 0{,}273 \text{ environ.}$$

Alors :
$$\frac{M}{E} = 0{,}5424\,(n' - n) + 0{,}002\,(n' - n)\,t.$$

Enfin :
$$Q_{mv} = Q_{mp} + 0{,}5424\,(n' - n) + 0{,}002\,(n' - n)\,t.$$

Dans le cas des explosifs, v_0 est généralement négligeable en présence de v_1 ; v_0 représente le volume de l'explosif dans le cas où il se transforme entièrement en gaz, la formule devient alors :

$$Q_{mv} = Q_{mp} + 0{,}5424\,n'(1 + \alpha t) =$$
$$Q_{mv} = Q_{mp} + 0{,}5424\,n' + 0{,}002\,n't.$$

A 0°, $Q_{mv} = Q_{mp} + 0{,}5424\,n'$.

Prenons pour exemple d'application la nitroglycérine :

$$2C^3H^5(AzO^2)^3O^3 = 6CO^2 + 5H^2O + 3Az^2 + \frac{1}{2}O^2.$$

La chaleur dégagée à pression constante est :

$$Q_{mp} = 334$$

Si $n = 0$ on a :

$$n' = \frac{1}{2}\left[6(CO^2) + 5(H^2O) + 3(Az^2) + \frac{1}{2}(O^2)\right] = 7.25.$$

Donc :

$$Q_{mv} = Q_{mp} + 0{,}5424\left(\frac{6+5+3+0.5}{2}\right) + 0{,}002\left(\frac{6+5+3+0.5}{2}\right)15$$

$$Q_{mv} = 334 + 3.9324 + 0{,}145 = 338$$

on aurait pour 1 kilogramme :

$$Q_{kv} = 1488 \text{ calories grandes (eau gazeuse).}$$

Nous rappelons, qu'à pression constante, on avait

$$Q_{kp} = 1472 \text{ calories (k. d).}$$

Température de l'explosion.

212. — MM. Mallard et Le Chatelier ont proposé le calcul suivant pour rechercher la température théorique de l'explosion en vase clos (volume constant).

Si C_{mv} est la chaleur spécifique moléculaire à volume constant moyenne entre 0° et t°, des produits de l'explosion d'un certain poids d'un explosif (soit une molécule *m*); si Q_{mv} est la chaleur de décomposition correspondant à ce poids et au mode de décomposition réalisé dans l'explosion; la température est donnée par la formule connue :

$$Q_{mv} = C_{mv} \times t. \quad (1)$$

Mais on sait que la chaleur spécifique n'est pas constante avec la température; si l'on admet que la valeur de C_{mv} à toutes les températures est représentée par l'expression linéaire :

$$C_{mv} = a + bt;$$

l'équation (1) devient

$$at + bt^2 = Q_{mv};$$

d'où :

$$t = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4b\,Q_{mv}}}{2b}.$$

Pour connaître t il faut posséder les valeurs de *a*, *b* et Q_{mv}, ce qui suppose connue la loi de décomposition. Ceci étant acquis, les recherches de MM. Berthelot, Sarrau et Vieille font connaître Q_{mv} (n° 211).

Quant à *a* et *b* la décomposition donnant en général naissance à des *gaz condensés* tels que CO^2 et H^2O et à des *gaz non condensés*, dits gaz parfaits, tels que CO, HCl, et des gaz simples, on peut les déduire des expériences faites par MM. Mallart et Le Chatelier (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. 92, 1882) pour les chaleurs moléculaires de ces gaz à *volume constant* et moyennes entre 0° et t°. Ces données sont en petites calories (g-d) :

Pour CO^2, SO^2. . . .	$C_{mv} = 6{,}26 + 0{,}0037\ t.$
Pour H^2O	$C_{mv} = 5{,}61 + 0{,}0033\ t.$
Pour les gaz parfaits .	$C_{mv} = 4{,}80 + 0{,}0006\ t.$

entre 0° et 3000°.

Les nombres 6,26; 5,61; 4,80 étant les chaleurs moléculaires en *petites calories* à la température ordinaire; 0,0037; 0,0033; 0,0006, les accroissements que subissent ces chaleurs moléculaires pour une élévation de température de 1°.

M. Sarrau admet les chaleurs spécifiques suivantes :

	a	$\frac{b}{2}$
Gaz monoatomiques	3,0	"
Gaz diatomiques (H^2. Az^2, O^2, CO).	4,8	0,001
" triatomiques (H^2O, CO^2, SO^2) .	6,2	0,0025

Supposons qu'un explosif se décompose de la façon suivante :

$$\alpha CO^2 + \beta H^2O + \lambda P.$$

P représentant une molécule de gaz parfait ; les coefficients *a* et *b* seront respectivement :

$$a = 6{,}26\alpha + 5{,}61\beta + 4{,}8\lambda;$$
$$b = 0{,}0037\alpha + 0{,}0033\beta + 0{,}0006\lambda.$$

213. — Appliquons ces formules au cas de la nitroglycérine :

$$2C^3H^5(AzO^2)^3O^3 = 6CO^2 + 5H^2O + 3Az^2 + \tfrac{1}{2}O^2.$$

$$2a = 6{,}26 \times 6 + 5{,}61 \times 5 + 4{,}8 \times 3 + 4{,}8 \times \tfrac{1}{2} = 82{,}41,$$

d'où : $a = 41{,}205;$

$$2b = 0{,}0037 \times 6 + 0{,}0033 \times 5 + 0{,}0006 \times 3 + 0{,}0006 \times \tfrac{1}{2} = 0{,}0408,$$

d'où : $b = 0{,}0204.$

$$t = \frac{-41{,}205 + \sqrt{41{,}205^2 + 4 \times 0{,}0204 \times 338000}}{2 \times 0{,}0204} = 3185^\circ.$$

Si l'explosif dégage des corps solides, on prend la chaleur moléculaire de ces corps.

Calcul de la pression.

214. Définition de la force d'une substance explosive. — On peut définir la force explosive d'une substance de la façon suivante :

C'est la pression exercée sur l'unité de surface, par les gaz engendrés par l'unité de poids d'un explosif, détonant dans l'unité de volume à la température de l'explosion.

C'est la force spécifique.

215. — La loi de Mariotte permet de donner une expression correspondant à la définition de la force explosive, soient :

f la pression développée dans l'unité de volume (1 c^3.) par l'unité de poids (1 gramme) de l'explosif sur l'unité de surface (1 c^2.).

m le poids de l'explosif ou le poids des gaz en grammes (soit 1 mole), l'explosif se transforme entièrement en gaz.

P_a la pression atmosphérique en grammes.

V_m le volume des gaz en centimètres cubes réduit à 0° et à 0,760 pour m grammes d'explosif (soit 1 mole).

t la température de l'explosion au-dessus du zéro centigrade.

v le volume de l'enceinte dans laquelle la détonation se fait. Il vient :

$$\frac{mf}{P_a} = \frac{V_m(1 + \alpha t)}{v},$$

d'où :

$$f = \frac{V_m P_a(1 + \alpha t)}{mv}.$$

Si l'on fait $P_a = 1$ atmosphère $= 1.033$ grammes,
$v = 1$ centimètre cube.

On a :

$$f = \frac{1033\, V_m(1 + \alpha t)}{m} = \frac{1033\, V_m(273 + t)}{273m};$$

$$f = \frac{1033 \times V_m(273 + t)}{273m} = 3.78\, \frac{VmT}{m}.$$

Il faut noter que la pression d'un mélange de gaz est la somme des pressions que produiraient les gaz si chacun d'eux occupait seul, à la même température, le volume entier du mélange.

Equation caractéristique. — On peut partir de la formule caractéristique des gaz :

$$PV = PaVo(1 + \alpha t)$$

dans laquelle

P = pression rapportée à l'unité de surface.
V = volume occupé par le gaz à la pression P.
Pa = pression atmosphérique.
Vo = volume moléculaire occupé par le gaz à la pression Pa et à 0°.

Cette équation est la combinaison de deux formules connues :

$$V = Vo(1 + \alpha t),$$
$$P = Pa(1 + \alpha t).$$

En effet, si Vo est le volume d'une masse gazeuse à 0° sous une pression Pa, le volume à t° sous la même pression sera $Vo(1 + \alpha t)$. Si la pression, au lieu d'être Pa, est réduite à 1 mm. le volume deviendra $VoPa(1 + \alpha t)$ et à la pression P il sera

$$\frac{VoPa(1 + \alpha t)}{P} = V$$

d'où :

$$PV = PaVo(1 + \alpha t).$$

En prenant les températures absolues

$$PV = \frac{PaVo}{273} T \qquad \text{et } R = \frac{PaVo}{273} = \text{constante.}$$

$$PV = RT.$$

La valeur de R est constante :

$$R = \frac{1033 \times 22320}{273} = 84456.$$

On obtient ainsi :

$$P = \frac{RT}{V}$$

qui est la valeur de f avec $V = 1$ et $Vo = \frac{V_m}{m}$.

La loi de Boyle-Mariotte n'est pas rigoureuse surtout lorsque les gaz approchent de leur point de liquéfaction, et cela parce qu'une partie α du volume v occupé par le gaz est constituée par la matière propre du gaz.

Quand un gaz est enfermé dans une enceinte d'un volume v et qu'on le comprime, les molécules vont se rapprocher, les espaces intermoléculaires vont diminuer et il arrivera un moment où la pression sera telle que le gaz formera une *masse compacte* d'un volume α. Comme le volume des molécules n'a pas changé pendant la compression, cette masse compacte occupera un volume égal à la somme des volumes de ses éléments. L'espace v de l'enceinte, diminué du volume α, c'est-à-dire, $v - \alpha$ est le *volume intermoléculaire* mis à la disposition des divers phénomènes; c'est le volume réduit.

On appelle *covolume* la somme des volumes des atomes contenus

dans l'unité de poids des gaz engendrés par l'explosion. Si l'on considère une enceinte de volume v contenant un poids p d'explosif, si α est le covolume de celui-ci, αp sera le volume occupé par la matière, quelles que soient les transformations chimiques et physiques qu'elle subit. Par conséquent, $v - \alpha p$ est le *volume disponible* : c'est le *volume réduit de l'enceinte.*

La valeur αp est nécessairement constante pour une substance déterminée, mais v peut varier en plus ou en moins, de manière que $v - \alpha p$ converge vers une certaine limite βp. β étant la limite vers laquelle converge le volume réduit pour l'unité de poids de la matière.

Quand l'explosif est à l'état liquide, l'unité de poids occupe un volume très rapproché du covolume, tel est le cas de la nitroglycérine; de même les explosifs fondus.

Il découle de cette observation que dans les formules des pressions on doit tenir compte de ce covolume.

C'est ce qui a été fait dans les travaux suivants :

216. Calcul de la pression pour une densité de chargement donnée. — La formule de Mariotte n'étant applicable que dans certaines conditions de températures et de pressions, Clausius a donné la relation suivante qui lie la pression P, le volume v, la température T absolue d'un gaz, qui occupe un volume V_m sous la pression P_a :

$$\left(\frac{P}{P_a} + \frac{C}{T\left(\frac{v}{V_m} + \beta\right)^2}\right)\left(\frac{v}{V_m} - u\right) = \frac{T}{273}.$$

C, β, u, sont des coefficients propres à chaque gaz. La valeur u (covolume) est à peu près la même pour tous les gaz et égale à :

$$u = 0{,}001.$$

Dans les explosions, la valeur de T est fort grande, et si $\frac{v}{V_m}$ n'est pas trop petit, on peut négliger le terme :

$$\frac{C}{T\left(\frac{v}{V_m} + \beta\right)^2} \text{ et écrire :}$$

$$\frac{P}{P_a}\left(\frac{v}{V_m} - u\right) = \frac{T}{273};$$

d'où :

$$P = \frac{TP_aV_m}{(v - uV_m)\,273}.$$

Introduisons, dans cette valeur, la notion de la densité de chargement. Rappelons que celle-ci est le rapport entre le poids de l'explosif ou des gaz formés en grammes et le volume en centimètres cubes de l'enceinte dans laquelle il fait explosion (explosion sans résidus).

Soit : $\Delta = \frac{m}{v}$ ou $v = \frac{m}{\Delta}$;

alors :

$$P = \frac{TP_aV_m}{\left(\frac{m}{\Delta} - uV_m\right) 273} = \frac{\frac{TP_aV_m\Delta}{273m}}{1 - \frac{u\Delta V_m}{m}}.$$

Si nous comptons les températures à partir du zéro absolu, on a :

$$T = t + 273.$$

$$P = \frac{\frac{(t + 273)\,P_aV_m\Delta}{273m}}{1 - \frac{uV_m\Delta}{m}} = \frac{\frac{1033\,V_m(t + 273)\,\Delta}{273.m}}{1 - \frac{uV_m\Delta}{m}}$$

or, nous avons trouvé :

$$f = \frac{1033\,V_m(t + 273)}{273m};$$

faisons en outre :

$$\alpha = \frac{uV_m}{m} = \frac{V_m}{1000m}$$

V_m en centimètres cubes,
m en grammes.
Il vient alors :

$$P = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta}.$$

Les coefficients f et α sont caractéristiques pour chaque explosif : f en est la force explosive et α est son *covolume*. C'est approximativement le millième de son volume spécifique.

MM. Mallard et Lechâtelier ont constaté que les expériences de MM. Sarrau et Vieille sur les pressions développées par la cellulose undécanitrique, l'azotate d'ammoniaque, le mélange de 60 parties de cellulose undécanitrique et de 40 parties d'azotate d'ammonium vérifient très exactement cette expression, ce qui démontre que la loi du covolume reste applicable même à des températures voisines de 3000° et des pressions de plus de 7000 atmosphères. Depuis les températures et les pressions les plus basses jusqu'à ces températures et ces pressions considérables les choses se passent donc, au moins pour les gaz qu'on peut rencontrer dans les produits de l'explosion des explosifs, comme si les molécules gazeuses avaient un volume invariable, le même pour toutes et à très peu près égal au millième du volume gazeux à 0° sous la pression atmosphérique.

Ils ont constaté en outre que pour les explosifs dont les gaz contiennent, par rapport à CO^2 et à la vapeur d'eau des quantités de gaz parfait relativement faibles tels que la dynamite et le mélange de fulmicoton et de nitrate d'ammonium, l'accord était parfait entre les f observés et les f déduits de la température de combustion calculée avec les expressions de la chaleur spécifique de CO^2 et H^2O. Le désaccord n'atteint pas 3 °/₀ de la valeur.

Lorsque les gaz parfaits sont en quantité plus considérable, comme cela a lieu avec le coton poudre et l'acide picrique, l'écart atteint 10 °/₀.

Mais l'écart entre les f calculés et les f observés serait beaucoup accru si l'on admettait que la chaleur moléculaire spécifique des gaz parfaits ne varie pas avec la température. Pour représenter les observations, il faudrait admettre au contraire que le coefficient b de la formule $c = a + bt$ qui a été pris pour les gaz parfaits égal à 0,0006 devrait être porté à 0,0013 environ.

L'accroissement avec la température de la chaleur spécifique des gaz parfaits est confirmé de la manière la plus nette par les observations de MM. Sarrau et Vieille sur les pressions développées par la détonation des explosifs en vase clos.

Van der Waals a donné à l'équation des gaz la forme :

$$\left(P + \frac{K}{v^2}\right)(v - \alpha) = RT \qquad \text{d'où}$$

$$P = \frac{RT}{v - \alpha} - \frac{K}{v^2}$$

dans laquelle α représente le volume propre des molécules gazeuses.

Si v diminue en se rapprochant de α l'équation devient :

$$P = \frac{RT}{v - \alpha}$$

qui ne diffère de l'équation des gaz que par l'introduction du terme α (covolume).

Cette valeur est du reste conforme à celle de Clausius :

$$P = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta} = \frac{RT\Delta}{1 - \alpha\Delta} = \frac{RT}{\frac{1}{\Delta} - \alpha}$$

or $\frac{1}{\Delta} = v$ puisque $\Delta = \frac{m}{v}$ avec $m = 1$

d'où $$P = \frac{RT}{v - \alpha}.$$

Clausius a aussi proposé l'équation

$$P = \frac{RT}{v - \alpha} - \frac{f(T)}{(v + \beta)^2}$$

dans laquelle α est la somme des volumes propres à toutes les molécules constituant la masse gazeuse considérée par analogie avec la masse totale.

$v - \alpha$ est donc la valeur du volume intermoléculaire du volume éminemment variable.

β est une constante spécifique.

f (T) est une fonction de la température absolue.

Si $\beta = 0$ et $f(T) = K$, on retombe sur la formule de Vander Waels.

Si v diminue, se rapprochant de α, la valeur $\frac{RT}{v - \alpha}$ devient prépondérante par rapport au second terme; dans le cas d'explosifs

détonant en vase clos, l'intensité des pressions rend $v - \alpha$ très petit. La prépondérance du premier terme augmente encore si T est grand.

Il s'ensuit que la loi devient pour les explosifs :

$$P = \frac{RT}{v - \alpha}.$$

La relation $P = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta}$ est du reste la même que celle de Vander Waels puisque $f = RT$.

$$P = \frac{RT\Delta}{1 - \alpha\Delta} = \frac{RT}{\frac{1}{\Delta} - \alpha}.$$

Or $\Delta = \frac{m}{v} : \frac{1}{\Delta} = \frac{v}{m}$ et si $m = 1$ il vient

$$P = \frac{RT}{v - \alpha}.$$

Remarque. — Lorsqu'on comprime les gaz, leurs volumes diminuent de plus en plus, mais cette réduction ne peut se faire indifiniment; au bout d'un certain temps et malgré des pressions infinies le volume ne diminue plus sous température constante. La matière tend vers un état limite, qui n'est cependant pas un état de continuité absolu, et dans lequel les forces répulsives des molécules croissent au delà de toute limite.

Dans la relation précédente, cette force répulsive est infinie pour la valeur de $v = \alpha$.

On peut donc définir le covolume comme étant le volume limite que prend un gaz quand on le comprime avec une pression infinie.

Si l'on considère l'expression :

$$P = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta} = \frac{f}{\frac{1}{\Delta} - \alpha},$$

on a $P = \infty$ pour $\frac{1}{\Delta} = \alpha$ ou $\Delta = \frac{1}{\alpha}$,

c'est-à-dire que *la pression deviendra infinie lorsque la densité de chargement atteindra l'inverse du covolume.*

M. Sarrau a fait des déterminations. Le tableau suivant fait connaître pour quelques gaz le rapport $\frac{\alpha}{V_0}$ du covolume au volume spécifique et les valeurs du covolume α (le décimètre étant pris pour unité).

	$\frac{\alpha}{V_0}$	α
Hydrogène	0,000887	0,900
Azote	0,001357	1,083
Oxygène	0,000890	0,621
Formène	0,001091	1,522
Acide carbonique	0,000866	0,439
Ethylène	0,000967	0,970

On remarque que les valeurs de $\frac{\alpha}{V_0}$ sont très voisines et on peut admettre que le covolume d'un gaz est proportionnel à son volume spécifique et prendre pour la valeur de $\frac{\alpha}{V_0} = 0,001$ à peu près la moyenne des chiffres du tableau.

Il résulte de ce qui précède que dans tous les cas où la densité de chargement d'un explosif augmente la pression augmente, mais prend pour chaque explosif une valeur maximum qui peut devenir infinie.

Dans le cas de la nitroglycérine :

$$2C^3H^5(NO^2)^3O^3 = 6CO^2 + 5H^2O + 3N^2 + 0,5\,O^2.$$

$$V_m = (6 + 5 + 3 + 0,5) \times 22320 = 323640 \text{ centim. cubes.}$$

$$m = 454 \text{ grammes.}$$

d'où

$$\alpha = \frac{u\,Vm}{m} = \frac{323640 \times 0,001}{454} = 0,713.$$

Il suffit donc que la densité de chargement de la nitroglycérine atteigne la valeur de

$$\Delta = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0,713} = 1,40,$$

pour que la pression développée soit infinie; or cela est possible puisque la densité réelle vaut 1,60.

Le tableau suivant donne quelques exemples.

Matieres explosives.	$\Delta = \frac{1}{\alpha}$. $P = \infty$.	σ.	Densités reelles.
Poudre noire	3,00	0,330	1,75 à 1,82
Nitroglycérine	1,40	0,712	1,60
Coton-poudre	1,16	0,859	1,20
Acide picrique	1,20	0,828	1,44
Fulminate de mercure	3,18	0,314	4,16

La densité réelle de la poudre noire varie de 1,75 à 1,82, elle n'atteint pas la densité limite; on peut donc la faire détoner dans son propre volume sans occasionner la rupture de l'enveloppe, si celle-ci est assez résistante.

La pression limite atteint 29000 kg.

Pour la poudre en grains dont la densité gravimétrique est = 1, la pression limite n'est que de 6000 kg.

La densité du coton-poudre comprimé = 1,2 sensiblement égale à la densité de chargement limite.

Les densités de la nitroglycérine et de l'acide picrique sont notablement supérieures aux densités limites. Ces explosifs doivent rompre les enveloppes quelque résistantes qu'elles soient.

La densité limite du fulminate de mercure est considérable vu la petitesse du co-volume, mais comme la densité réelle est elle-même fort grande, cet explosif peut développer des pressions infiniment croissantes.

Pressions calculées par la formule $P = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta}$ (Sarrau).

DENSITÉS DE CHARGEMENT	POUDRE NOIRE	NITRO-GLYCÉRINE	COTON POUDRE	ACIDE PICRIQUE	NITRATE D'AMMONIAC	FULMINATE DE MERCURE
0,1	336	1098	1061	983	542	468
0,2	708	2351	2343	2174	1217	966
0,3	1123	3847	3921	3650	2017	1501
0,4	1187	5640	5912	5523	3211	2072
0,5	2112	7829	8502	7982	4779	2686
0,6	2708	10560	12000	11350	7082	3347
0,7	3393	14060	17020	16240	10800	4062
0,8	4201	21520	24810	24030	17870	4952
0,9	5126	25270	38500	38310	36250	5683
1,0	6236	35010	—	—		6602
1,2	9255	—	∞	∞		8726
1,4	14130	∞				11320
1,6	29330					14560
1,8						18790
2,0						24350
2,4						43970

M. Sarrau fait remarquer à propos de la formule :

$$P = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta}$$

que l'expérience démontre que dans de larges limites, les produits de la décomposition restent les mêmes ainsi que la température d'explosion; on peut donc prendre f comme une constante et l'on vérifie, en effet, qu'il existe pour chaque explosif un système de valeurs (f, α) telles que la formule, pour une variation étendue de Δ, représente les pressions avec une exactitude suffisante dans la pratique.

Les coefficients (f, α) sont caractéristiques de l'explosif; il faut, pour les connaître par expérience, trouver les valeurs de P correspondant à deux valeurs particulières de Δ.

peut aussi, quand on a plus de deux expériences, les faire ourir à cette détermination en écrivant l'équation sous la forme :

$$\frac{P}{\Delta} = f + \alpha P;$$

voit qu'elle représente une ligne droite, quand on prend P comme bscisse et $\frac{P}{\Delta}$ comme ordonnée. Les quantités f et α sont l'ordonnée à l'origine et le coefficient angulaire de cette droite : on peut les évaluer graphiquement en traçant la droite de manière qu'elle se rapproche le plus possible des points fournis par les données expérimentales.

Considérons deux explosifs caractérisés par les constantes (f, α), (f', α') et supposons que l'on ait $f' > f$ et $\alpha' < \alpha$.

Les deux droites se coupent en un point dont l'abscisse est positive : il existe donc une densité de chargement Δ_0 pour laquelle les deux explosifs donnent la même pression.

Pour une densité $\Delta < \Delta_0$, l'explosif dont la force est la plus grande donne la plus grande pression; le contraire se produit pour une densité $\Delta > \Delta_0$. Aux faibles densités c'est la force qui prédomine; aux fortes densités c'est le covolume qui domine (SARRAU, *Traité des explosifs*).

Cas où l'explosif ne se transforme pas complètement en gaz.

218. — M. Sarrau applique l'expression de P au cas d'un explosif qui abandonne des résidus :

Soient m le poids de l'explosif,

v le volume de la capacité où se produit l'explosion,

E le poids des gaz produits par l'unité de poids de l'explosif,

α' le volume à la température et sous la pression de l'explosion, du résidu non gazeux produit par l'unité de poid de l'explosif.

Le poids des gaz produits par l'explosif est mE; ces gaz occupe un volume $v - \alpha' m$; donc le volume de l'unité de poids de ces gaz

$$v' = \frac{v - \alpha' m}{mE}.$$

La pression est donnée par

$$P = \frac{RT}{v - \alpha} = \frac{1}{273} \frac{P_0 V_0 T}{v - \alpha}.$$

D'ailleurs si l'on désigne par W_0 le volume (réduit à 0° sous 0,76) des gaz produits par l'unité de poids de l'explosif, on a :

$$V_0 = \frac{W_0}{E}.$$

Remplaçant V' et V_0 par leurs valeurs, on a :

$$P = \frac{1}{273} \frac{P_0 W_0 T m}{v - (\alpha' + \alpha E)\, m}$$

posant $$f = \frac{P_0 W_0 T}{273}; \ \alpha_1 = \alpha' + \alpha E; \ \Delta = \frac{m}{v}$$

on a

$$P = \frac{f\Delta}{1 - \alpha_1 \Delta}$$

Δ est la densité de chargement

$$\alpha_1 = \alpha' + \frac{EV_0}{1000} = \alpha' + \frac{W_0}{1000}.$$

Si, pour ne pas multiplier les notations, on écrit V_0, α au lieu de W_0, α, on a finalement

$$P = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta}$$

avec $f = \frac{P_0 V_0 T}{273}$ et $\alpha = \alpha' + \frac{V_0}{1000}$.

V_0 est le volume (réduit à 0° sous 0,76) des gaz produits par 1 kg. de l'explosif; α sera son covolume; ces dénominations se confondent avec les dénominations ordinaires de la théorie des gaz quand les produits sont totalement gazeux.

Le volume α' est facile à calculer, car la formule chimique de la décomposition fournit le poids des résidus, qu'il suffit de diviser par leur densité.

L'expression de P répond avec une approximation suffisante aux

résultats fournis par la pratique. Elle permet de calculer avec u précision suffisante la pression développée par l'explosion d'ı corps de composition connue, à condition de connaître exacteme la réaction.

Exemple de calcul complet.

220. — Nous allons établir ci-après le tableau complet du calc des éléments de la force d'un explosif, sans résidus solides.

Supposons un mélange d'acide picrique et d'acide nitrique con sous le nom d'explosif acide de Sprengel.

La formule de réaction à combustion complète est :

$$5C^6H^2(AzO^2)^3OH + 13AzO^3H = 30CO^2 + 14H^2O + 14Az^2.$$

$m = 1964$ grammes.

$Q_{mp} = (30 \times 94 + 14 \times 58,2) - (5 \times 49,1 + 13 \times 41,6) = 2848,5$ cal (k. d.).

$Q_{mv} = 2848,5 + 0,5424(30 + 14 + 14) + 0,002(30 + 14 + 14)15 = 2881,6$ cal (k. d

$Q_{kp} = 2848,5 \times \frac{1000}{1964} = 1450,3$ cal (k. d.).

$Q_{kv} = 2881,6 \times \frac{1000}{1964} = 1467,2.$

$W = Q_{kv} \times 425 = 1467,2 \times 425 = 623650$ K_{gm}.

$V_m = (30 + 14 + 14)22,32 = 1294,56$ litres $= 1294560$ cent. cubes.

$V_k = 1294,56 \times \frac{1000}{1964} = 659^l14.$

$t = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4bQ_{mv}}}{2b}$ (Q_{mv} en petites calories 2881699 c.).

$a = 30 \times 6,26 + 14 \times 5,61 + 14 \times 4,8 = 333,54.$

$b = 30 \times 0,0037 + 14 \times 0,0033 + 14 \times 0,0006 = 0,1656.$

$Q_{mv} = 2881699$ calories petites.

$t = 3284°.$

$f = \frac{1033 \times 1294560(273 + 3284° + 15°)}{273 \times 1964} = 8909017$ grammes.

$\alpha = \frac{1294560}{1000 \times 1964} = 0,65914.$

$P = \frac{8909017 \times \Delta}{1 - 0,65914\,\Delta}.$

Pour $\Delta = 0,8$ (800 grammes d'explosif dans 1000 cc.).

$P = 15077669$ grammes par centimètre carré.

Supposons le cas où *un explosif abandonne des résidus.*

Picrate d'ammonium	40 ou	2
Nitrate de potassium	60	3.

Le mélange sera traduit chimiquement par

$$\frac{2}{246}\ C^6H^3(NO^2)^3O.NH^4 + \frac{3}{101}\ NO^3K$$

ou

$$0{,}00813\ C^6H^3(NO^2)^3O.NH^4 + 0{,}02970\ NO^3K,$$

enfin,

$$C^6H^3(NO^2)^3O.NH^4 + \frac{0{,}02970}{0{,}00813}\ (= 3{,}65)\ NO^3K.$$

La réaction explosive peut donc être traduite par l'équation :

$$C^6H^7N^4O^7 + 3.65\ KNO^3$$
$$= 2{,}35\ CO^2 + 1{,}175\ H^2O + 0{,}5625O^2 + 3{,}825\ N^2 + 3{,}65\ CO^3KH.$$

$$m = 246 + 3{,}65 \times 101 = 614^{gr}5.$$

Soit le volume de l'enceinte v = 3 litres (3000 cc.) :

$$\Delta = \frac{m}{v} = \frac{614{,}5}{3000} = \text{(densité de chargement)}.$$

Le poids des gaz formés vaut :

$$m' = 44 \times 2{,}35 + 18 \times 1{,}175 + 32 \times 0{,}5625 + 28 \times 3{,}825 = 249^{gr}65.$$

Ce poids représente aussi la portion de l'explosif qui se résout en gaz.

Pour 1 kg. d'explosif, ce poids m' devient :

$$m'_k = \frac{249{,}65 \times 1000}{614{,}5} = 0^k{,}40617.$$

Volume des gaz :

$$V_m = 22{,}32\ (2{,}35 + 1{,}175 + 0{,}5625 + 3{,}825) = 176^l{,}627.$$

$$V_k = \frac{176{,}627 \times 1000}{614{,}5} = 287^l36.$$

Le volume occupé par le résidu solide vaut :

$$V_s = \frac{P_s}{D_s} = \frac{3{,}65 \times 100}{1{,}64} = 0^l223$$

et pour 1 kg. $= \dfrac{0{,}223 \times 1000}{614{,}5} = 0^l363.$

Le volume disponible pour l'expansion des gaz sera donc

$$3 - 0{,}223 = 2^{l}{,}777.$$

La densité de chargement pour la partie réellement explosive sera

$$\frac{249{,}65}{2{,}777} = 0{,}089.$$

$Q_{mp} = (94 \times 2{,}35 + 58{,}2 \times 1{,}175 + 232{,}8 \times 3{,}65) - (80{,}1 + 118{,}7 \times 3{,}65).$

$Q_{mp} = 625{,}75.$

$Q_{mv} = Q_{mp} + 0{,}5424(2{,}35 + 1{,}175 + 0{,}5625 + 3{,}825) = 630{,}29.$

$$t = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 46Q_{mv}}}{2b} = 3628^{\circ}.$$

$a = 6{,}26 \times 2{,}35 + 5{,}61 \times 1{,}175 + 4{,}8(0{,}5625 + 3{,}825) + 3{,}65 \times 26 = 137{,}26.$

$b = 0{,}0037 \times 2{,}35 + 0{,}0033 \times 1{,}175 + 0{,}0006(0{,}5625 + 3{,}825) = 0{,}015205.$

$$f = \frac{1033 \times 176{,}627 \times 3628}{273 \times 0{,}24965} = 9713 \text{ kg}.$$

$$\alpha = \frac{uV_m}{m} = \frac{0{,}001 \times 176{,}627}{0{,}24964} = 0{,}708.$$

$$P = \frac{9713 \times 0{,}089}{1 - 0{,}708 \times 0{,}089} = 921 \text{ kg}.$$

Remarque. — Avec certains explosifs, les gaz produits arrivés à leur limite de compression, c'est-à-dire à un volume qui ne saurait plus diminuer (covolume) ont un volume plus grand que l'explosif lui-même. Le vase métallique se remplit donc de matières incompressibles dont le volume est plus grand que celui de l'enceinte, qui fatalement doit se déchirer. Cette observation faite par M. Berthelot est appuyée par l'exemple suivant :

$$C^2Az^2O^2Hg = 2CO + Az^2 + Hg.$$

Son volume moléculaire vaut $\frac{224}{4{,}43} = 64{,}1$.

En supposant que la densité de CO et Az liquides soient 1 (oxygène = 0,9), on aurait pour le volume moléculaire de l'ensemble des produits de la décomposition le chiffre 99. Il y a donc dilatation de près du double.

La nitroglycérine a un volume moléculaire $\frac{227}{1{,}60} = 141{,}8$.

Le volume moléculaire de l'ensemble des produits de l'explosion à l'état incompressible est d'environ 257.

Aucune compression n'est capable de combattre cette dilatation.

221. Chaleurs spécifiques de quelques substances. —

NOMS.	FORMULES.	POIDS MOLÉCULAIRES.	CHALEURS SPÉCIFIQUES RAPPORTÉES A 1 GRAMME.	CHALEURS SPÉCIFIQUES RAPPORTÉES AU POIDS MOLÉCULAIRE.
Soufre fondu	S^2	64	0,177	12,9
Phosphore	Ph^2	62	0,202	12,5
Arsenic	As^2	150	0,081	12,1
Antimoine	Sb^2	241	0,051	12,29
Carbone	C^2	24	0,459	10,82
Mercure	Hg^2	400	0,033	13,20
Plomb	Pb^2	414	0,031	12,83
Argent	Ag^2	216	0,059	12,7
Magnesie	MgO	40	0,244	9,76
Oxyde de chrome. . .	Cr^2O^3	152,8	0,180	27,5
Alumine	Al^2O^3	103	0,188	19,3
Chlorure d'ammonium .	$ClAzH^4$	53	0,373	20,00
» potassium . .	KCl	74,6	0,173	12,89
» sodium . . .	$NaCl$	58,5	0,214	12,50
» baryum . . .	$BaCl^2$	207	0,090	18,60
» calcium . . .	$CaCl^2$	111	0,164	18,40
» argent . . .	$AgCl$	143	0,091	13,1
Sulfure de potassium .	K^2S	110	—	19,00
» sodium . . .	Na^2S	78	—	19,00
» fer.	FeS	88	0,136	11,64
Ferrocyanure K . . .	$(CAz)^6FeK^4$	430	0,280	118,00
Nitrate potassium. . .	AzO^3K	101,1	0,239	24,20
» sodium . . .	AzO^3Na	85	0,265	22,70
» baryum . . .	$(AzO^3)^2Ba$	263	0,150	38,00
» strontium . .	$(AzO^3)^2Sr$	211	0,180	38,00
» plomb . . .	$(AzO^3)^2Pb$	330	0,110	36,4
» argent . . .	AzO^3Ag	170	0,143	24,4
» ammonium . .	AzO^3AzH^4	80	0,455	36,4
Sulfate potassium. . .	SO^4K^2	174	0,190	33,2
» sodium . . .	SO^4Na^2	142	0,229	32,4
» calcium . . .	SO^4Ca	136	0,197	26,6
» strontium . .	SO^4Sr	183,5	0,140	24,8
» cuivre . . .	SO^4Cu	159,5	0,184	28,2
Bichromate potassium .	$K^2Cr^2O^7$	294	0,187	36,4
Carbonate K	CO^3K^2	138	0,210	30,0
» Na.	CO^3Na^2	106	0,273	27,4
» Ca.	CO^3Ca	100	0,204	20,4
» Ba.	CO^3Ba	197	0,110	21,4
» Pb.	CO^3Pb	266	0,081	21,7
Chlorate K	$KClO^3$	122,5	0,210	24,7
Perchlorate.	$KClO^4$	138,5	0,190	26,3
Eau	H^2O	18	1,000	18,0
Acide azotique. . . .	AzO^3H	63	0,445	28,0
» sulfurique . . .	SO^4H^2	98	0,340	33,4
Benzine	C^6H^6	78	0,440	34,0
Alcool	C^2H^6O	46	0,595	27,3
Glycerine	$C^3H^8O^3$	92	0,591	54,4
Oxyde d'antimoine . .	Sb^2O^3	292	0,090	26,2
Silice.	SiO^2		0,195	

222. Densités et volumes moléculaires de quelques corps. —

NOMS.	FORMULES.	POIDS MOLÉCULAIRES. M	DENSITÉS. D	VOLUMES MOLÉCULAIRES EN CC. $\frac{M}{D}$
				cc.
Soufre	S^2	64	2,04	31,36
Carbone	C^2	24	2,50 diamant.	6,85
			2,27 graphite.	10,66
			1,67 amorphe.	15,28
Chlorure potassium . .	KCl	74,6	1,94	38,70
» sodium . . .	NaCl	58,5	2,10	27,20
» baryum . . .	$BaCl^2$	207	3,70	56,00
» strontium . .	$SrCl^2$	158,5	2,80	59,00
» ammonium . .	AzH^4Cl	53	1,53	35,00
Azotate potassium . .	AzO^3K	101	2,06	49,00
» sodium . . .	AzO^3Na	85	2,24	39,00
» baryum . . .	$(AzO^3)^2Ba$	261	3,23	82,00
» plomb. . . .	$(AzO^3)^2Pb$	330	4,40	76,00
» argent . . .	AzO^3Ag	170	4,35	39,00
» ammonium . .	AzO^3AzH^4	80	1,71	41,00
» strontium . .	$(AzO^3)^2Sr$	211	2,93	71,30
Carbonate potassium. .	CO^3K^2	138	2,26	62,00
» sodium. . .	CO^3Na^2	107	2,47	43,00
» baryum . .	CO^3Ba	197	4,30	46,00
» strontium. .	CO^3Sr	147,5	3,62	40,00
» calcium . .	CO^3Ca	100	2,71	36,00
Sulfate de potassium .	SO^4K^2	174	2,66	66,00
» sodium . .	SO^4Na^2	142	2,63	54,00
» baryum . .	SO^4Ba	233	2,45	52,00
» strontium. .	SO^4Sr	183,5	3,59	52,00
» calcium . .	SO^4Ca	136	2,93	46,00
Chlorate potassium . .	$KClO^3$	122,5	2,33	52,60
Bichromate » . .	$Cr^2O^7K^2$	294	2,69	110,00
Oxyde d'antimoine . .	Sb^2O^3	292	5,53	53,00
Sulfure » . .	Sb^2S^3	334	4,42	75,00
Oxyde de calcium . .	CaO	56	3,15	18,00
Sulfate ammonium . .	$(SO^4)(AzH^4)^2$	132	1,76	75,00
Nitrate cuivre	$(AzO^3)^2Cu$	192	2,03	94,50
Bioxyde de mercure . .	HgO	216	11,13	19,38

CHAPITRE II.

PROCÉDÉS EXPÉRIMENTAUX POUR L'ÉVALUATION DE LA FORCE DES MATIÈRES EXPLOSIVES.

On a proposé, pour l'évaluation de la force des matières explosives, certaines méthodes expérimentales pratiques.

223. Essai au bloc de plomb (dit essai Trauzl). — On fait usage d'un bloc de plomb pur cylindrique. On creuse un trou suivant l'axe et on dépose au fond un certain poids d'explosif qu'on fait détoner. La mesure du volume créé par l'explosion est l'indice de la force de la matière.

Au congrès de chimie appliquée de Berlin 1903, on s'est mis d'accord sur les dimensions à donner aux blocs de plomb.

L'appareil se compose d'un cylindre de plomb de 200 mm. de hauteur et de 200 mm. de diamètre. Dans l'axe du cylindre se trouve un canal de 125 mm. de longueur et 25 mm. de diamètre qui est destiné à recevoir l'explosif.

Le plomb sera le plus pur possible, raffiné. Les blocs destinés à une même série d'essais proviendront de la même coulée dans une forme ou moule. Pour les essais, on fera usage de blocs qui, après la coulée, se seront reposés assez longtemps pour que leur température uniforme soit de 15-20° c.

On charge 10 grammes d'explosif moulé en cartouche et enveloppé d'une feuille d'étain; au milieu un détonateur de 2 grammes; on tasse doucement au bourroir de bois.

On verse ensuite dans le canal du sable quartzeux bien sec, qui passe au travers d'un tamis dont les fils ont $0^{mm}35$ de diamètre et 144 mailles au centimètre carré; on laisse couler jusqu'à ce que le canal soit entièrement rempli et on arase.

On met le feu électriquement.

Après l'explosion, on nettoie la cavité avec une brosse et on mesure son volume en y versant de l'eau avec une mesure graduée à une température de 15-20°.

Les mesures faites par cette méthode ne peuvent donner des résultats comparables que lorsqu'on expérimente des explosifs brisants de la même nature. Il est évident que dans le cas de grandes différences entre les vitesses d'explosion, les résultats ne sont plus comparables.

Il faut ajouter aussi que le plomb a des résistances variables suivant sa pureté, son origine, la température de fusion, etc.

M. Heise a fait usage de blocs de plomb de dimensions un peu différentes pour l'essai de quelques explosifs.

Dans une première série, on a employé 10 grammes d'explosif, chaque explosif a subi 5 épreuves; on a pris la moyenne.

Les écarts sont assez faibles entre les moyennes et les essais individuels.

	Travail maximum théorique pour 1 gr.	Élargissement du bloc de plomb.
Carbonite pour charbon . . .	231	206
Id. n° I	239	231
Id. n° II.	232	246
Poudre de sûreté C. Rothweiler.	265	342
Daménite A	341	444
Id. A granulée	341	338
Roburite n° I.	220	321
Westfalite	274	339
Dynamite guhr	427	472
Gélatine dynamite	492	556

Il est visible qu'il n'y a aucun rapport constant entre les deux séries de chiffres.

Mais il faut tenir compte du pouvoir brisant; il est clair que, toute puissance égale, les explosifs brisants donneront lieu aux plus fortes déformations du plomb, car par une déflagration lente les gaz peuvent s'échapper sans produire de travail utile. Il s'ensuit que la rapidité relative des divers explosifs peut se déduire de la force maximum calculée d'une part et de l'élargissement de la cavité des blocs de plomb d'autre part.

Se basant sur ces considérations, on a effectué une nouvelle série d'expériences en vue de déterminer immédiatement les chiffres caractéristiques du pouvoir brisant.

Dans ce but, on a calculé, d'après la force théorique de chacun d'eux, les poids d'explosif nécessaires pour produire un travail de 2500 kg. Ces quantités doivent donner, pour l'essai au bloc de plomb, pour la même « brisance, » les mêmes déformations. Dans le cas contraire, les divergences sont imputables à cette même propriété, et les chiffres obtenus dans ces conditions pourront être regardés comme définissant le pouvoir brisant.

On pourrait également déduire ces nombres caractéristiques des résultats obtenus précédemment; il suffit de calculer, en se basant sur la déformation du bloc de plomb produit par 10 grammes de l'explosif, l'élargissement correspondant à une charge capable de développer un travail de 2500 kg.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus d'après ces deux méthodes. Comme on le voit, les deux séries de chiffres concordent sensiblement. Les différences s'expliquent surtout par ce fait que les déformations des blocs de plomb croissent plus rapidement que les charges employées par suite de la diminution d'épaisseur et de résistance des parois de la cavité.

	Charge correspondant à 2500 kg.	Déformation des blocs de plomb	
		constatée par experience.	calculée.
	Gr.		
Carbonite pour charbon	10,82	233	222
» n° I	10,46	246	241
» n° II	10,78	284	264
Poudre Rothweiler	9,43	335	323
Daménite A	7,33	320	326
» granulée	7,33	254	248
Roburite n° I	11,36	368	365
Westfalite	9,12	368	355

224. Écrasement de cylindres de plomb. — On fait aussi usage de cylindres pleins en plomb : on charge la base supérieure du bloc

d'un poids donné de l'explosif. La détonation de celui-ci provoque l'écrasement du plomb; on mesure les diminutions de la hauteur. Ce sont donc des espèces de *crushers*.

Le cylindre de plomb prend la forme d'un champignon.

Dispositif de M. Heise. — Sur une masse de fer servant de socle, on dispose deux cylindres de plomb d'un diamètre de 40^{mm} et d'une hauteur de 30^{mm}, l'un au-dessus de l'autre; puis, au-dessus, deux rondelles d'acier de 40^{mm} de diamètre et d'une épaisseur de 4^{mm}; ces rondelles peuvent être remplacées par un cylindre unique d'acier. Au-dessus, 100 grammes d'explosif amorcé au détonateur de 2 grammes. L'explosif est maintenu par un tube en fer-blanc de 41^{mm} de diamètre qu'on glisse sur le tout.

L'écrasement subi par les plombs mesure la force.

225. Appareil de Quinan. — C'est un perfectionnement de la méthode du n° 224.

Un bloc de fonte est recouvert d'une plaque d'acier. Sur celle-ci est gravée une circonférence de cercle de 102^{mm}. Aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires se trouvent 4 tiges verticales qui servent à diriger le mouvement d'un piston en acier trempé de 102^{mm} de diamètre et de 127^{mm} de longueur. Le piston porte à sa partie supérieure, une petite cavité dans laquelle on place l'explosif. Le piston pèse 4 kg. 56. Au-dessus du piston se trouve un bloc cylindrique en acier, de 254^{mm} de hauteur, son poids est de 12 kg. 8. Un canal central traverse le bloc et permet de mettre le feu à l'explosif.

Entre le piston et la plaque d'acier on met un cylindre en plomb doux; c'est par l'écrasement de ce cylindre qu'on juge de l'énergie de l'explosif. Par l'explosion, le bloc d'acier est soulevé et le cylindre de plomb est refoulé. Les divers degrés de refoulement permettent de comparer entre elles les forces des explosifs.

Lorsqu'on désire obtenir plus de précision dans les évaluations de pressions, on fait usage des manomètres à écrasement ou des crushers.

Les pressions ont été évaluées avec l'appareil de Quinan sur des cylindres en plomb. On a obtenu le classement suivant en représentant par 100 la puissance de la nitroglycérine.

Nom de l'explosif.	Compression du cylindre en pouces.	Puissances relatives.
Gélatine explosive	0,585	106,17
Hellhofite	0,585	106,17
Nitroglycérine (vieille)	0,551	100,17
Poudre sans fumée Nobel . . .	0,509	92,38
Nitroglycérine (fraîche). . . .	0,509	92,38
Coton poudre (1889).	0,458	83,12
" (1885).	0,458	83,12
Nitroglycérine française . . .	0,451	81,85
CP de laboratoire	0,448	81,31
Dynamite (n° 1)	0,448	81,31
Dynamite de trauzl	0,437	79,31
Emmensite	0,429	77,86
Poudre amide	0,385	69,87
Oxonite (à acide picrique fondu)	0,383	69,51
Tonite.	0,376	68,24
Bellite.	0,362	65,70
Oxonite (à ac. picrique non fondu)	0,354	64,24
Rackarock	0,340	61,71
Poudre Atlas	0,333	60,43
Dynamite à l'ammoniaque. . .	0,332	60,25
Poudre Volney n° 1.	0,332	58,44
Mélinite	0,250	50,82
Fulminate Ag	0,277	50,27
" Hg	0,275	49,91

La commission française des substances explosives a mis en essai la méthode qui consiste à provoquer le cintrage d'une plaque d'acier reposant, par ses extrémités, sur deux appuis et au milieu de laquelle on pose transversalement l'explosif, qui doit avoir une longueur égale à la largeur de la plaque. L'acier employé est extra-doux (acier pour chaudières de la marine).

Adamson, en Angleterre, fait détoner à une distance déterminée d'une plaque mince de cuivre, une charge d'explosif. La plaque repose sur une enclume percée au centre d'un large trou cylindrique. Par l'explosion, la plaque s'emboutit et prend une forme concave régulière, dont on relève le profil; on mesure le volume de la cavité produite.

226. Mortier éprouvette. — C'est un mortier incliné à lançant un boulet cylindrique d'un poids déterminé (15 kg).

La trajectoire parabolique a comme formule :

$$y = \frac{x}{\operatorname{tg}\alpha} - \frac{gx^2}{2Vo^2 \sin^2 \alpha}.$$

La portée totale s'obtient en faisant y = 0, d'où

$$x = \frac{2\cos\alpha \sin\alpha}{g} Vo^2 \quad \text{et comme} \quad \alpha = 45^\circ.$$

$$x = \frac{2\cos^2 45}{9{,}81} Vo^2.$$

La portée est donc proportionnelle au carré de la vitesse V_0 boulet.

Or, le travail du boulet est proportionnel à sa puissance v $\frac{1}{2}MV_0^2$ (M masse du boulet), c'est-à-dire proportionnel à la por du tir.

L'explosif est disposé dans une petite chambre de 50 mm. de d mètre au fond de l'âme; on emploie 5 grammes d'explosif amo avec un détonateur. La mèche passe au travers du boulet par canal axial.

Le calibre du mortier est de 15 centimètres.

Nature de l'explosif.	Charge.	Portée.
Dynamite. . . .	5	85 mètres.
Grisoutite . . .	5	31
Id. . . .	5	29
Favier n° 1 . . .	5	85
Id. . . .	5	85
Antigrisou n° II .	5	80
Id. . . .	5	80
Id. . . .	5	77
Antigrisou IIbis . .	5	55
Id. . . .	5	56
Un détonateur . .	1,5	4,60

Essais des explosifs.

227. — Pour apprécier la valeur d'un explosif, il faut lui faire subir un certain nombre d'épreuves parmi lesquelles on peut noter :

1° Recherche de la chaleur dégagée et du potentiel;
2° » du volume des gaz;
3° » des pressions à diverses densités de chargement;
4° » de la vitesse de détonation;
5° » de la sensibilité aux actions mécaniques;
6° » » à la chaleur;
7° » de l'aptitude à la détonation;
8° » de l'hygroscopicité;
9° » de la stabilité physique et chimique.

Mesure de la chaleur dégagée. — Elle se recherche théoriquement par le calcul indiqué précédemment.

Pratiquement, on fait usage de la bombe calorimétrique de Berthelot ou de Bichel.

Si les explosifs sont à combustion incomplète, on opère dans une atmosphère d'azote; s'ils sont à combustion complète, on agit dans une atmosphère d'air.

Volume des gaz. — On le calcule quand on connaît exactement la formule de décomposition.

Par expérience, on recueille les gaz de la bombe calorimétrique pourvu que la pression ne dépasse pas 500 atmosphères. Au delà, on fait usage de l'éprouvette manométrique qui indique également la pression.

Les gaz sont recueillis dans une cloche sur mercure et on peut les analyser.

Mesure des pressions. — On fait usage du *manomètre à crusher*. Il se compose d'un cylindre creux en acier épais pouvant supporter plusieurs milliers d'atmosphères. Il est fermé aux deux bouts par des vis dont l'un est muni des moyens de mise de feu électrique; l'autre est muni d'un piston plein qui écrase un crusher en cuivre.

On établit une table de tarage en écrasant le crusher lentement et

progressivement jusqu'à ce qu'il supporte sans déformation permanente une charge déterminée T et on mesure l'écrasement E.

Deux séries de valeurs T et E constituent une table de tarage.

Lorsque l'appareil fonctionne sous la pression des gaz, le maximum P de la force qui lui est appliquée est égal à la force de tarage correspondant à l'écrasement mesuré E. Si donc on désigne par P la pression maximum par unité de surface et par S la surface de la base du piston, on a

$$P = \frac{T}{S},$$

relation exacte lorsque le fonctionnement est statique comme dans le cas du tarage : c'est le cas des explosifs lents.

Pour les explosifs rapides (coton poudre pulvérulent, picrate K), la pression est mesurée par la force de tarage correspondant à la moitié de l'écrasement final; on a alors

$$P = \frac{T}{2S}.$$

(Voir *Mémorial des poudres et salpêtre.)*

Mesure de la vitesse de détonation. — On place les cartouches bout à bout; aux deux extrémités de la ligne, on place des fils de platine qui sont reliés aux électros d'un chronographe Leboulangé (voir vitesse de l'onde explosive).

Mesure de la sensibilité. — a) *Au choc.* — La sensibilité au choc est en relation avec la stabilité de la molécule. Des combinaisons nitrées aromatiques comme l'acide picrique, l'acide crésylique, le trinitro benzol où le groupement NO^2 est combiné au noyau aromatique sont plus stables au choc que les éthers nitriques où NO^2 est combiné au radical oxhydrile, comme dans la nitroglycérine, le nitro-coton, etc.

Les propriétés physiques ont aussi une influence sur la sensibilité au choc; un même corps cristallisé ou à l'état amorphe n'a pas la même sensibilité; de même à l'état liquide ou à l'état gelé.

L'essai au choc se pratique par la chute d'un poids d'une masse déterminée. C'est l'*essai dit au mouton* qui a l'avantage de traduire la sensibilité au choc par une formule de force vive.

Le poids qui tombe sur une enclume se détériore rapidement, il en est de même de l'enclume et les essais ne sont bientôt plus comparables. On doit faire usage de pièces interchangeables.

L'appareil doit aussi permettre d'essayer l'explosif au choc de métaux divers : fer sur fer; fer sur cuivre; fer sur bois et autres combinaisons. Le gros poids qui tombe porte à sa partie inférieure, une mortaise dans laquelle on peut insérer à frottement une espèce de rivet à tête plate; ce rivet peut être facilement enlevé et remplacé par un autre en bon état ou en un autre métal. L'enclume porte un pareil dispositif.

Cependant le choc du mouton ne se transmet pas toujours de la même façon et les essais laissent généralement à désirer.

Le poids du mouton a une importance. Lorsqu'un poids léger tombe d'une grande hauteur, après le choc il remonte, ce qui prouve qu'une partie de l'énergie cinétique développée pendant la chute n'est pas entièrement absorbée et utilisée.

Il vaut mieux alors employer des poids lourds tombant de faibles hauteurs.

Afin de se mettre dans de bonnes conditions, on peut employer une enclume dans laquelle on visse un tenon cylindrique d'un diamètre de 5-6 centimètres; on dispose sur la tête du tenon quelques grammes d'explosif, puis on coiffe au moyen d'une capsule cylindrique en fer d'une hauteur de 8 mm. et d'un diamètre de 6 ^{mm} 5 pour maintenir l'explosif en place; au-dessus on dispose un mandrin à tête maintenu verticalement par des tirants. Le mouton tombe sur la tête du mandrin et provoque l'explosion. De cette façon, le choc du marteau se transmet toujours de la même façon et les pièces détériorées sont faciles à remplacer.

Les moutons peuvent avoir des poids de 2, 5, 10, 20 Kg.

b) *Sensibilité au frottement.* — On peut placer dans un mortier quelques parcelles d'explosif et frotter au moyen d'un pilon.

c) *Sensibilité à la chaleur.* — On place un peu d'explosif dans un tube à essai en verre et on le plonge dans un bain d'huile, de mercure ou d'alliage fusible. Le bain est fermé au moyen d'un couvercle percé de trous dans lesquels on passe les tubes à essai.

Le bain est porté d'abord à la température de 100° puis on y place le tube chargé; on fait monter graduellement la température suivant une loi déterminée; on prend la température au moment de la déflagration.

Aptitude à la détonation. — On fait usage de détonateurs de force graduée et croissante. Pour s'assurer si la détonation est franche, on place la cartouche debout sur une tôle de 2 à 3 mm. d'épaisseur et reposant sur un bloc de plomb creusé d'un trou. La plaque doit être perforée comme à l'emporte-pièce.

Aptitude à la transmission. — On recherche la conductibilité explosive en disposant les cartouches bout à bout sur une seule ligne reposant sur un madrier en bois. On amorce une des cartouches des extrémités et on examine l'empreinte sur le bois.

Si l'explosif détone difficilement à l'air libre on peut le renfermer dans un tube en plomb. Si la détonation est incomplète, le tube n'est détruit que partiellement.

Recherche de l'hygroscopicité. — On dispose un poids connu d'explosif sous une cloche saturée de vapeur d'eau; on pèse de temps en temps. Quelques explosifs deviennent déliquescents.

Recherche de la stabilité physique et chimique. — On abandonne l'explosif à l'air, dans les conditions d'emmagasinage et on examine de temps en temps les modifications survenues. Pour la stabilité chimique, on fait subir certaines épreuves variables d'un explosif à l'autre et que nous examinerons à l'occasion de l'étude des explosifs. On étudie surtout l'action de la chaleur (épreuve de chaleur).

On fait encore des essais de compression, de froid.

Enfin on étudie en grand l'action dans les mines, carrières, ruptures, etc.

228. Degrés d'inflammation et puissance relative des explosifs. — M. le lieutenant Willoughby Walke, de l'artillerie des États-Unis, a donné les chiffres suivants. Le point d'inflammation était obtenu en plaçant une cartouche en cuivre mince dans un bain d'étain ou de paraffine en fusion; on prenait la température initiale et la température de l'explosion.

Coton poudre de guerre comprimé 186-201
" " séché à l'air 137-139
" " (autre échantillon) . . . 186-189
" " séché à 45° c. 136-141
" collodionné séché à l'air. 186-191
" (autre échantillon) 197-199
Hydronitro cellulose 201-213
Nitroglycérine. 203-205
Dynamite n° 1 197-200
Gélatine explosive 203-209
" " camphrée 174-182
Fulminate de mercure. 175-181
Poudre à canon 278-287
Poudre picrique de Hill 273-283
Forcite n° 1 184-200
Poudre Atlas (75 °/o) 175-185
Emmensite n° 2 165-177
" n° 3 205-217

TROISIÈME PARTIE.

Les Poudres d'amorces.

LES POUDRES D'AMORCES.

Les poudres d'amorces sont des composés qui prennent feu par le choc et la friction. Elles sont destinées à mettre le feu aux charges par l'effet d'une action mécanique.

Ces poudres sont mises en œuvre au moyen d'étoupilles à friction pour la mise à feu des charges des canons; de vis porte-feu pour l'éclatement des projectiles; de capsules pour les cartouches de fusils.

On peut classer les amorces en deux espèces :

1° Les amorces fusantes qui agissent sur une grande surface d'inflammation; la quantité d'énergie transmise est faible. Elles sont employées pour les charges de tir.

2° Les amorces détonantes qui agissent sur place; la surface d'inflammation est petite, mais l'énergie transmise est considérable.

Elles sont employées pour les charges de rupture.

La chaleur dégagée par un explosif n'est pas influencée par le genre d'amorce, mais celle-ci a une grande influence sur le temps de la combustion et par conséquent sur la température.

SECTION I.

Poudres à base de chlorate de potassium.

CHAPITRE I.

MATIÈRES PREMIÈRES.

§ 1. — CHLORATE DE POTASSIUM.

Ce sel fut signalé en 1786 par Berthollet; de là vient son nom de « sel de Berthollet. »

Composition : $KClO^3$.

Poids moléculaire : 122,5.

Préparation. — Dans les laboratoires, on prépare le chlorate de potassium comme suit : on dissout une partie de potasse caustique dans trois parties d'eau; on y fait barboter un courant de chlore jusqu'à refus.

La première action du chlore est de transformer la potasse caustique en hypochlorite de potassium; mais la chaleur produite par

la réaction augmente de plus en plus; l'hypochlorite, peu stable à cette température, se dédouble et donne du chlorate et du chlorure de potassium.

Ces réactions sont représentées par les formules :

1° $6KHO + 3Cl^2 = 3KClO + 3KCl + 3H^2O$;

2° $3KClO = KClO^3 + 2KCl$.

Le chlorate de potassium étant très peu soluble à froid, cristallise pendant le refroidissement en lamelles rhomboïdales. Les cristaux sont enlevés; ils ne sont naturellement pas purs, ils sont souillés de chlorure de potassium. On purifie facilement le chlorate de potassium comme suit :

On le dissout à l'ébullition dans le moins d'eau distillée ou de pluie possible; on laisse refroidir, le chlorate se précipite et les eaux-mères qu'on rejette retiennent la majeure partie du chlorure; s'il est nécessaire, on recommence l'opération.

Pendant le passage du chlore, la liqueur se colore souvent en rose; cela résulte de la formation d'un peu de permanganate de potassium; le manganèse provient de l'oxyde de manganèse mêlé à l'acide chlorhydrique dans la fabrication du chlore.

Préparation industrielle. — L'emploi de la potasse caustique élève beaucoup le prix de revient du chlorate de potassium; dans l'industrie, on fait usage de la chaux caustique, qu'on transforme en hypochlorite de calcium; enfin, le chlorate de calcium est converti en chlorate de potassium par le chlorure de potassium.

Les différentes phases de la fabrication sont représentées par les formules suivantes :

1° $6CaO^2H^2 + 3Cl^4 = 3(ClO)^2Ca + 3CaCl^2 + 6H^2O$.

Le barbotement du chlore dans la chaux délitée donne, d'après cela, naissance à de l'hypochlorite de calcium (vulgairement appelé chlorure de chaux, qui sert comme désinfectant).

2° $3(ClO)^2Ca = (ClO^3)^2Ca + 2CaCl^2$.

L'hypochlorite de calcium en dissolution n'est stable qu'à la température ordinaire; près du point d'ébullition, il donne du chlorate et du chlorure de calcium.

3° $(ClO^3)^2Ca + 2KCl = 2KClO^3 + CaCl^2$.

En mettant en présence du chlorate de calcium et du chlorure de potassium, les deux sels échangent leurs métaux, et il se forme du chlorate de potassium et du chlorure de calcium. Le chlorate cristallise par le refroidissement, vu son peu de solubilité à froid.

Ces trois formules peuvent être condensées comme suit :

$$KCl + 3CaO^2H^2 + Cl^6 = KClO^3 + 3CaCl^2 + 3H^2O.$$

Lunge donne la méthode de fabrication suivante, employée en Angleterre : un lait de chaux est placé dans deux cylindres de fer garnis intérieurement de plomb, ou plus simplement, dans des réservoirs en fonte munis d'un agitateur et communiquant ensemble. Le courant de chlore peut être dirigé de telle façon qu'il traverse d'abord le cylindre renfermant la chaux presque saturée; le chlore qui n'est pas absorbé arrive dans du lait de chaux frais. Dès que le premier cylindre est saturé, on le remplit de nouveau de lait de chaux et l'on renverse le courant de chlore. Les solutions saturées sont additionnées de chlorure de potassium et le liquide est évaporé à la densité de 1,28; on abandonne à la cristallisation; on décante; les eaux-mères sont concentrées à 1,35 et donnent de nouveaux cristaux au refroidissement. Dans les eaux-mères, il reste environ 6 °/₀ de chlorate.

Les divers produits renferment des chlorures de calcium, de fer, de plomb; on dissout le chlorate brut dans le moins d'eau possible à chaud, on ajoute du carbonate de soude en quantité juste nécessaire, pour précipiter la chaux et le fer sous forme de carbonates qui se déposent; on décante et on évapore la solution jusqu'à cristallisation.

Le chlorure de plomb est éliminé par un peu de sulfure de sodium. Les petits cristaux obtenus sont séchés, les gros sont écrasés entre des rouleaux en bois; on peut faire cristalliser en agitant de façon à obtenir le chlorate en farine. — Les quantités des matières à mettre en présence sont, d'après la formule :

Chlorure de potassium. . .	147 parties.
Chaux vive	369 »
Chlore	467 »

On purifie facilement le chlorate de potassium au point de l'obtenir chimiquement pur, en le dissolvant dans le moins d'eau bouillante possible; on laisse refroidir; le chlorate se précipite, on le recueille et on le lave une ou deux fois avec de l'eau distillée. Le chlorure de calcium est très soluble même dans l'eau froide (400 parties dans 100 parties d'eau froide), tandis que le chlorate l'est très peu.

Fabrication du chlorate de potassium par l'électrolyse. — Si, dans une cuve électrolytique, on verse une dissolution de chlorure de potassium, le sel se décompose par le passage du courant en chlore et en potassium; ce dernier se rend à la cathode et s'y transforme en potasse caustique par l'eau de la cuve. Le chlore peut être recueilli à l'anode. C'est là le principe mis en jeu dans la nouvelle industrie de la fabrication de la soude et du chlore par l'électrolyse en partant du sel marin. Dans la fabrication de la soude ou de la potasse caustique par voie électrolytique il faut avoir soin d'isoler, pour ainsi dire, l'anode de la cathode pour empêcher que les liquides alcalins de l'une ne puissent se mêler aux eaux chlorées de l'autre, tout en n'empêchant pas le passage du courant électrique. Cela s'obtient au moyen de diaphragmes convenables. Lorsque le liquide alcalin est suffisamment riche, on le pompe et on le concentre.

Mais on conçoit que si, par une disposition quelconque, on met en contact les liquides alcalins avec le chlore qui se dégage à l'anode, on puisse obtenir des hypochlorites et partant des chlorates. Il suffira pour cela de travailler à chaud pour décomposer les hypochlorites en chlorates qui se déposent.

On fait usage de bacs rectangulaires divisés en deux compartiments par un diaphragme poreux. Un des compartiments reçoit une anode en platine et l'autre une cathode en fer. On charge les deux compartiments d'une solution de chlorure de potassium à 25 % additionnée d'un peu de potasse caustique; on chauffe préalablement à 60°, pas plus. La densité du courant électrique est de 70 ampères par décimètre carré au potentiel de 3,5 volts. Le chlorure de potassium est décomposé, le chlore va à l'anode et se mêle au liquide environnant pour donner de l'hypochlorite, puis du chlorate. Le potassium se

porte à la cathode où il se transforme de suite en potasse caustique par l'action de l'eau. Cette potasse caustique est mise en contact avec le chlore par une circulation continue dans les cuves obtenue au moyen de monte-jus.

On recueille le chlorate de potassium qui se dépose grâce à sa faible solubilité, on le lave et on le purifie par cristallisation.

La solution de chlorure de potassium est remplacée au fur et à mesure de son épuisement, de façon à conserver constante la composition du bain.

Le chlorate de sodium se fabrique de la même façon. Ici il faut évaporer les liqueurs électrolysées à cause de la plus grande solubilité de ce chlorate.

Depuis quelques années, la fabrication électrolytique des chlorates a pris une extrême importance dans les pays à chutes d'eau. Les méthodes à la potasse caustique et à la chaux ont disparu à cause du bon marché et de la pureté du chlorate électrolytique.

Les usines de Saint-Michel de Maurienne empruntent à l'Arc 3 à 4000 chevaux pour la fabrication des chlorates par le procédé Gall et Montlaur.

L'eau arrive dans l'usine à raison de 8 mètres cubes à la seconde, avec une pression de 70 mètres. Elle actionne douze turbines de 200 chevaux et quatre de 400 chevaux.

Chaque turbine actionne directement une dynamo Thury tournant à 300 tours à la minute. Les grandes dynamos donnent chacune 1000 ampères sous 200 volts et les petites 500 ampères sous 200 volts.

On électrolyse à une température moyennement élevée. Les cuves électrolytiques en plomb ont 50 mètres cubes de capacité. Les anodes épaisses de 1 mm. seulement sont en alliage de 90 % de platine et 10 % d'iridium.

Les cathodes sont en alliage de fer et de nickel recouvert d'amiante, pour faciliter le départ de l'hydrogène.

Les cuves sont ouvertes.

La densité du courant est de 465 ampères avec une température de 45° c. On écoule de temps en temps la solution électrolysée et on enlève le chlorate formé; on ramène l'électrolyte à sa concentration première.

A Vallorbes en Suisse, on travaille avec 3000 chevaux de force hydraulique.

La production annuelle des deux usines est de 13 à 15.000 tonnes. L'usine de Chedde (Haute-Savoie) dispose de 13.000 chevaux.

Quand on soumet à l'électrolyse une solution de KCl, on obtient un faible rendement en chlorate, par suite de la réduction d'une partie de l'hypochlorite formé par l'hydrogène cathodique avant qu'il ait pu passer à l'état de chlorate plus stable.

D'après les observations de Muller, l'action réductrice de l'hydrogène est minimum quand on ajoute à la solution de chlorure un peu de bichromate de potassium. Celui-ci sert de véhicule à l'oxygène et agit indirectement en fixant H de sorte qu'il augmente la production de chlorate sans paraître se modifier.

D'après M. Ch. Girard, l'addition d'un peu de chromate ou de bichromate de lithium serait encore plus favorable (8 à 12 gr. par litre).

Dès que la teneur en chlorate est maximum, on laisse refroidir et cristalliser; on purifie à l'ordinaire.

Pour 1 kilog. de chlorate on compte 13 chevaux-heure. La réaction peut se résumer comme suit :

$$KCl + 3H^2O = 3H^2 + KClO^3.$$

L'électrolyse d'une solution de KCl à chaud dégage du chlore et de la potasse caustique d'où formation d'hypochlorite qui donne :

$$3KClO = 2KCl + KClO^3;$$

une partie du chlorure est régénéré. De plus, sans bichromate l'hypochlorite est réduit par H sous forme de KCl et le rendement est presque nul.

Dans la méthode de C. Kellner on ajoute 3 % d'hydrate de chaux ou de magnésie (une partie reste indissoute), on brasse pendant l'électrolyse. Le KCl seul est décomposé, mais le *Cl* de l'anode attaque la chaux; pour donner de l'hypochlorite de calcium, puis du chlorate Ca qui est converti par le KCl en chlorate de potassium et chlorure de calcium. Ce dernier subit aussi l'action électrolytique, le calcium donne avec l'eau de l'hydrate de calcium qui rentre dans le processus.

229. Propriétés du chlorate de potassium. — Ce sel c lise en lamelles transparentes et brillantes du type clinorrhon (5e type — prisme oblique rhomboïdal).

Il est inaltérable à l'air; il n'est pas hygroscopique, à moins q contienne du chlorure de calcium, qui est excessivement avide

La densité est égale à 2,35. Le chlorate est doué d'une s salée et désagréable.

Il est soluble dans l'eau, peu à froid.

100 parties d'eau dissolvent :

à 8°	3,3	parties de chlorate.	
15°37	6,03	"	"
20°	7,20	"	"
24°43	6,44	"	"
35°	12,05	"	"
49°06	18,98	"	"
50°	19,00	"	"
74°39	35,40	"	"
100°	56,00	"	"
104°78	60,24	"	"

Il est insoluble dans l'alcool absolu.

Il fond à 334° c., et décrépite souvent à cause de l'eau inter dans les cristaux. Chauffé à une température de 252°, il se décon en chlorure et perchlorate de potassium, en dégageant de l'oxyg

$$2KClO^3 = KCl + KClO^4 + O^2.$$

Une chauffe plus vive décompose à son tour le perchlorat chlorure et oxygène : $KClO^4 = KCl + O^4$. Par conséquent, une pérature suffisante décompose, en dernière analyse, le chlorat chlorure avec dégagement de tout l'oxygène qu'il renferme :

$$2KClO^3 = 2KCl + 2O^3.$$

Dans ces conditions, ce sel fournit 40 % de son poids d'oxyg

n kilogramme de chlorate fournit 273 litres d'oxygène à 0° c., sous ı pression 0,76.

La décomposition du chlorate se fait plus régulièrement et à plus asse température, en le mélangeant de bioxyde de manganèse ou 'oxyde de cuivre.

Le chlorate dégage souvent du chlore dans sa décomposition pyro-énée. D'après MM. Spring et Prost, la proportion de chlore dégagé arie beaucoup avec la nature du chlorate et avec les circonstances. 'ependant, il est visible qu'elle augmente lorsque le chlorate dérive l'une base relativement faible; on peut admettre que la production le l'oxygène n'est pas un phénomène immédiat, mais indirect de la lécomposition des chlorates. Ces sels se comporteraient alors, sous 'influence de la chaleur, comme le font les carbonates et les ızotates, c'est-à-dire qu'ils se diviseraient d'abord en base et en ınhydride, suivant l'équation :

$$2MClO^3 = M^2O + Cl^2O^5.$$

M = métal monovalent.

L'anhydride chlorique se décomposerait aussitôt à son tour en oxygène et en chlore, et celui-ci réagirait avec la base :

$$M^2O + Cl^2 = 2MCl + O.$$

Mais la réaction reste incomplète si le chlore est entraîné par la violence de la réaction, ou bien si la base est soustraite à son action, en entrant dans la composition d'un sel sur lequel le chlore n'a plus d'action (silicate ou phosphate). Enfin, lorsque la base est suffisamment forte (K^2O) l'anhydride chlorique, non encore isolé, peut s'oxyder davantage et l'on obtient un perchlorate.

L'extrême facilité avec laquelle le chlorate de potassium dégage de l'oxygène, en fait un oxydant très énergique.

Nous allons en donner des preuves :

Voici du chlorate de potassium en poudre ; on le jette sur un charbon de bois allumé, une déflagration extrêmement vive a lieu.

Mélangeons ce même sel avec un peu de soufre en poudre, du char-

bon de bois, du sucre; frappons une parcelle de ces mixtures sur une enclume avec un marteau, une détonation violente est le résultat du choc. Cette même expérience réussit, avec toutes les substances combustibles : le soufre, le charbon de bois, les métaux en poudre, les sulfures métalliques, la sciure de bois, les résines, mêlés au chlorate de potassium font explosion par le choc, la friction ou l'approche d'un corps en ignition. Les coups glissants sont particulièrement efficaces.

Voici une curieuse expérience d'explosion spontanée : on a imbibé un papier à filtrer d'une solution saturée de chlorate de potassium et on l'a fait bien sécher; on verse dessus une solution de phosphore dans du sulfure de carbone; au bout d'une ou deux minutes, une déflagration se manifeste. le sulfure de carbone s'est volatilisé et a abandonné du phosphore dans l'état le plus divisé, son oxydation à l'air est alors très rapide, sa température s'élève, et il s'enflamme spontanément; mêlé intimement au chlorate, il déflagre.

Le mélange des matières combustibles avec le chlorate de potassium doit se faire avec les plus minutieuses précautions. Tout choc, toute friction un peu vive peut être la cause d'une explosion.

Voici un mortier en porcelaine dans lequel nous jetons un peu de chlorate de potassium en poudre et des traces de soufre; pulvérisons la masse au moyen d'un pilon : chaque fois que nous touchons un grain de soufre, une petite explosion se fait entendre, avec projection de matière.

Berthollet faillit perdre la vie par une explosion de poudre chloratée, pendant une fabrication imprudente dans un mortier.

Il est à noter que le chlorate de potassium pur, frappé sur une enclume bien propre, ne détone pas; si le choc est très violent, on trouve des traces de chlorure de potassium. Mais si l'on place du chlorate de potassium dans un morceau de papier, le choc du marteau produit aussitôt une petite explosion. La matière combustible est indispensable pour amener la détonation.

L'acide sulfurique concentré, versé sur le chlorate de potassium, le décompose; il se dégage un gaz verdâtre, du peroxyde de chlore, qui détone par la chaleur à 65° c. Il ne faut pas agir sur de grandes

quantités de matière, afin d'éviter une explosion et des projections dangereuses. La décomposition se fait d'après la formule :

$$3KClO^3 + 2SO^4H^2 = \underset{\text{peroxyde de chlore.}}{2ClO^2} + \underset{\text{perchlorate de potassium.}}{ClO^4K} + \underset{\text{sulfate acide de potassium.}}{2SO^4KH} + H^2O.$$

Si ce peroxyde de chlore se dégage en présence de matières combustibles, celles-ci s'enflamment immédiatement.

Voici des mélanges de chlorate et de soufre, de chlorate et de sucre; nous laissons tomber dessus une goutte d'acide sulfurique concentré, l'inflammation se fait aussitôt. Nous pouvons du reste montrer le dégagement abondant de peroxyde de chlore et son effet sur une matière combustible, sans danger d'explosion.

Dans ce verre à expériences, on a versé une solution chaude saturée de chlorate ; le refroidissement s'est opéré, et du sel s'est déposé au fond du vase. Jetons dans un liquide de petits fragments de phosphore et introduisons dans le verre un entonnoir à longue tige ; versons avec prudence dans l'entonnoir une dizaine de gouttes d'acide sulfurique concentré qui vient bientôt se mélanger avec le sel solide ; celui-ci se décompose, des bulles gazeuses s'échappent avec un bruit sourd et des jets de flammes jaillissent dans l'eau : cela est dû à la combustion du phosphore au contact du peroxyde de chlore.

La propriété que possède l'acide sulfurique d'enflammer les poudres à base de chlorate a souvent été appliquée comme mise à feu dans les amorces. Parfois les bombes servant à des mains criminelles renferment de la poudre au chlorate au milieu de laquelle sont enfouis des tubes de verre scellés à la lampe et remplis d'acide sulfurique; la chute de ces engins sur le sol provoque la rupture d'un des tubes et l'explosion de la charge. La bombe qui tua l'empereur Alexandre Ier était amorcée de cette façon.

Le commandant Papyn de l'artillerie belge fut victime d'un amorçage semblable, dans une bombe à temps.

L'explosibilité du chlorate de potassium. — On a pensé pendant bien longtemps que le chlorate pur ne pouvait faire explosion; mais une formidable explosion qui eut lieu le 12 mai 1899 à l'usine de Sainte-Helens démontra le contraire.

Dans cette usine il y avait 156 tonnes de chlorate de potasse parfaitement emballé et emmagasiné, non mélangé avec aucune substance organique.

Un incendie se déclara et amena finalement l'explosion.

Chlorate de sodium.

230. — $NaClO^3$.

L'usine de Salindres fabrique ce chlorate de la manière suivante. On part du chlorate de calcium provenant du barbotement du chlore dans un lait de chaux, on concentre à une densité de 24° B; le chlorure de calcium se dépose. Les eaux-mères sont additionnées d'hydrate de calcium sec, puis elles sont chauffées à 80° C, et abandonnées au refroidissement; il se dépose de l'oxychlorure de calcium mêlé à l'eau de chaux en excès; on décante.

Le chlorate Ca ainsi concentré est mêlé à une solution de sulfate de sodium (400 kg. de sel anhydre par mètre cube). Le sulfate Ca se précipite et le $NaClO^3$ reste en dissolution avec un peu de NaCl formé aux dépens du $CaCl^2$, on purifie par cristallisations successives.

Procédé Hargreave (1897). — On fait agir le chlore sur les sels alcalins ou alcalino-terreux à l'état solide. Ainsi pour le $NaClO^3$ on emploie le carbonate sodique.

Propriétés. — Corps anhydre, hygroscopique. D = 2.29 cristallise en forme cubique; très soluble dans l'eau.

100 p. d'eau dissolvent :

à 0°	. . . .	81.97 parties de chlorate.
20°	. . . .	99.00.
100°	. . . .	204.08.

La solution saturée bout à 132°.

Ce chlorate sert surtout à la fabrication du perchlorate d'ammonium.

Chlorate d'ammonium.

231. C'est un sel blanc qui cristallise en fines aiguilles; il est très soluble dans l'eau et l'alcool, de saveur piquante. Projeté sur

une plaque chaude, il fait explosion en donnant une flamme rouge. La décomposition de ce corps se fait même quelquefois spontanément avec beaucoup de violence; il se produit du chlore, de l'azote, de l'eau, de l'acide hypoazotique. La solution aqueuse se décompose pendant l'ébullition avec dégagement de chlore et d'azote.

Ce corps se prépare : 1° Directement par l'action de l'acide

$$\left.\begin{matrix} ClO^2 \\ H \end{matrix}\right\} O$$

sur l'ammoniaque ou le carbonate d'ammonium.

2° Par double échange :

$$\left.\begin{matrix} 2ClO^2 \\ Ba \end{matrix}\right\} O^2 + \left.\begin{matrix} CO \\ 2AzH^4 \end{matrix}\right\} O^2 = 2 \left.\begin{matrix} ClO^2 \\ AzH^4 \end{matrix}\right\} O^2 + \left.\begin{matrix} CO \\ Ba \end{matrix}\right\} O^2.$$

Essais du chlorate.

232. On qualifie les chlorates de différentes manières.

1° Le chlorate décomposé par la chaleur précipite par $Ag\,NO^3$.

2° Permanganate de potassium — pas décoloré par les chlorates.

3° Solution d'indigo — n'est décolorée par les chlorates que par l'addition d'un peu d'acide sulfurique étendu et de sulfite de soude.

4° Sulfate d'aniline en présence d'acide sulfurique (dans solution de chlorate additionnée d'acide sulfurique) = coloration bleue rehaussée par addition d'un peu d'eau.

Réactif des chlorates.

Aniline	5 C^3	au moment de l'emploi, ajouter volume égal de SO^4H^2.
Eau distillée. . . .	100	
SO^4H^2 pur	5	

5° Brucine, diphénylamine, paratoluidine en présence de SO^4H^2, même réaction que l'acide nitrique et les nitrates.

6° Phénol en solution HCl (distinction d'avec NO^3H) = trouble avec coloration rouge-orange.

7° Procédé Laffitte.

On ajoute à la solution à essayer quelques gouttes d'eau d'aniline

aniline + 40 cc. d'eau), puis le double de son volume HCl B., il se produit une coloration rouge violet qui passe au bleu é intense, puis après quelques instants au vert.

Le chlore libre et les hypochlorites donnent malheureusement ssi cette réaction.

Elle est si sensible qu'elle permet de reconnaître $0^{gr}0006$ de hlorate dans une solution saturée de nitrate de potasse.

8° Bôllger se sert du sulfate d'aniline. Les chlorates colorent la solution du sel d'aniline en bleu tandis que l'acide nitrique et l'acide azoteux la colorent en rouge et en jaune.

9° Solution de strychnine à 3 °/₀ dans NO^3H (D = 1.33). Les chlorates colorent immédiatement en rouge.

Les perchlorates ne donnent rien.

10° Denigès indique la solution de 1 gr. de résorcine dans 10 gouttes de SO^4H^2.

Dans un tube à essai, on met 1 à 2 gouttes au plus de la solution à examiner, on ajoute 2 c^3 SO^4H^2 pur, on fait refroidir; on verse ensuite sans agiter 5 gouttes de solution résorcinique; on porte le tube dans l'eau froide et on agite peu à peu.

Dans le cas de la présence de chlorates si le titre de leur solution ne dépasse pas 2 °/₀ au maximum, on obtient une coloration verte encore très sensible avec $0^{mmg}01$ de ces sels.

La présence simultanée d'azotites masquerait la réaction par suite de la teinte bleu violacé intense que prendrait le liquide.

En présence d'azotites on procéderait comme suit : 2 cc. de la solution sont additionnés de 1 cc. d'ammoniaque, filtrés, puis sursaturés par l'acide acétique, on réduit par évaporation à 4-5 gouttes un à deux cc. de ce liquide acidulé en faisant bouillir dans un tube et agitant constamment; on ajoute au résidu 10 à 15 gouttes d'eau, dont 1 ou 2 gouttes ont été traitées comme précédemment à froid par SO^4H^2 et la résorcine. On obtient ainsi la coloration verte demandée.

La réaction est spécifique pour les chlorates : elle est très s

même nécessaire de diluer quand le liquide exan

mes de chlorate par litre.

Analyse du chlorate de potassium.

233. Recherche du chlorure de calcium. — L'impureté principale qui souille le chlorate de potassium est le chlorure de calcium, corps très hygroscopique. On recherche le chlore au moyen de l'azotate d'argent et le calcium par l'oxalate d'ammonium qui donne un précipité blanc.

Le dosage du chlore se fera par voie de précipitation ou par voie volumétrique exactement comme pour le salpêtre (n°s 57 et 58).

L'analyse qualitative est du reste suffisante, la tolérance pour le chlorure est nulle.

234. Dosage du chlorate. — On dissout 10 grammes de chlorate de potassium dans 200 parties d'eau distillée; on divise le liquide en deux parties égales. Dans la première, on dose les chlorures; dans la seconde, on verse 150 cc. d'une solution saturée d'acide sulfureux fraichement fabriquée. On chauffe doucement, puis on porte à l'ébullition pour chasser l'excès d'acide sulfureux. Par l'action de ce gaz, le chlorate de potassium s'est réduit et transformé en chlorure. On ajoute de l'eau distillée pour faire 250 cc., dont on prélève 10 cc., avec lesquels on dose le chlore par voie volumétrique. Il faudra ensuite retrancher le chlorure qui constituait l'impureté.

On peut encore, pour le dosage, décomposer le chlorate en chlorure par la calcination prudente.

Procédé à l'oxyde ferreux. — L'essai est basé sur la réaction suivante :

$$KClO^3 + 6FeO = KCl + 3Fe^2O^3.$$

Le chlorate est chauffé à l'ébullition avec du sulfate ferreux et de la potasse caustique bien exempte de chlore. Le chlore est ensuite dosé par filtration et addition d'acide nitrique.

Perchlorates.

235. — Depuis de longues années, on avait proposé de remplacer les chlorates par des perchlorates moins dangereux. Déjà en 1866, Nisser avait proposé un mélange à base de perchlorate de potassium.

Dans ces derniers temps, grâce à la facile préparation des perchlorates par l'électrolyse, de nombreux mélanges explosifs ont vu le jour sous les noms de Crémonites, Kratites, Pyrodyalytes, Jonckites, Cheddites, etc.

Les perchlorates sont plus riches en oxygène que les chlorates et plus stables.

Formule générale : $MClO^4$.

Ce sont des sels incolores, cristallisables, généralement très solubles dans l'eau. Quelques-uns sont déliquescents ; neutres aux réactifs ; décomposables par la chaleur :

$$MClO^4 = MCl + O^4$$

mais moins facilement que les chlorates; ils fusent avec le charbon. Leur mélange avec des matières combustibles est relativement peu sensible au choc et à la friction.

Réaction des perchlorates :

1° L'acide sulfurique ne les colore pas comme les chlorates ; ils ne dégagent ni Cl ni ClO^2 ;

2° Après calcination, ils précipitent par $AgNO^3$;

3° Sels de potasse — précipité blanc dans solution un peu concentrée, difficilement soluble dans l'eau, insoluble alcool ;

4° HCl, HNO^3, SO^2 ne décomposent pas ;

5° Indigo — la teinture d'indigo ne peut donc être décolorée.

Perchlorate de potassium.

236. — $KClO^4$.

Il est fabriqué dans les usines à chlorates. On pousse l'oxydation électrolytique des chlorates plus loin. Il suffit d'ajouter au bain 8-10 % de lithine pour transformer les chlorates en perchlorates.

Ce perchlorate est encore obtenu par conversion du perchlorate de sodium avec le chlorure de potassium.

L'électrolyte consiste en une solution de 50 gr. de chlorate de soude pour 100 gr. d'eau avec quelques gouttes d'acide sulfurique. Comme électrodes on fait usage de platine.

Densité du courant : 15 ampères par décimètre carré à l'anode; à la cathode on peut atteindre 10 ampères, tension 4,5 volts.

Température : 10°; il faut rafraîchir au besoin, si le liquide devient alcalin on acidule par quelques gouttes d'acide sulfurique dilué,

$$NaClO^3 + O = NaClO^4.$$

Pour 1 mole il faut 53,6 ampères-heure.

On fait passer le courant jusqu'à ce que 80 % de chlorate soient transformés en perchlorate.

Dans une solution de KCl saturée à froid, on verse la solution de perchlorate Na. Le perchlorate K peu soluble se précipite; on essore et on sèche, on purifie à l'ordinaire.

$$\underset{100}{NaClO^4} + \underset{61}{KCl} = KClO^4 + NaCl.$$

Propriétés. — Cristaux orthorhombiques, très petits, saveur du KCl; peu solubles dans l'eau froide, très solubles dans l'eau chaude. Il contient 46 % d'oxygène disponible (le chlorate 40 %). Il est plus stable que le chlorate; sa stabilité n'est cependant que relative.

Perchlorate de sodium.

237. — $NaClO^4$.

Il se présente en lamelles transparentes, très solubles dans l'eau et l'alcool, déliquescent.

Perchlorate d'ammonium.

238. — NH^4ClO^4.

On part du perchlorate Na facilement soluble; on traite la solution concentrée par une solution concentrée de nitrate d'ammonium (ou même par des cristaux) 75 à 77 p. de nitrate d'ammonium pour 213 p. de perchlorate. Le perchlorate NH^4 précipite et on turbine.

On peut aussi électrolyser $CaCl^2$ pour le transformer en perchlorate Ca; on concentre par évaporation et on convertit par le chlorure ammonique.

Beaux cristaux transparents, rectangulaires, terminés en biseaux. Solubles dans l'eau froide, peu dans l'alcool. Sel neutre. Dans l'eau devient acide.

Sel non hygroscopique, ne détone pas par la capsule au fulminate. Il est décomposé par la chaleur vers 200°.

§ 2. — SULFURE D'ANTIMOINE.

Composition : Sb^2S^3. — *Poids moléculaire :* 340.

239. — On trouve ce corps en filons en Angleterre, en Saxe, en Suède, dans le Harz, en Sibérie, en France (Puy-de-Dôme, Ariège, Gard, Vendée). Il est nommé *stibine* ou antimoine cru. Il se rencontre dans les terrains anciens en masses cristallines formées de prismes orthorhombiques.

La densité de ce sulfure est égale à 4,64. Lorsqu'on le chauffe au rouge, il fond en abandonnant sa gangue; c'est ainsi qu'on le purifie; il se nomme alors *antimoine cru :* celui-ci se présente sous la forme de masses aiguillées brillantes, de couleur noir-bleu, très cassantes et rudes au toucher.

Il renferme souvent du sulfure d'arsenic.

Lorsqu'on chauffe le sulfure d'antimoine en présence d'une source d'oxygène, les deux éléments qui le constituent s'oxydent. Son caractère de rugosité le fait choisir comme élément constitutif des poudres pour étoupilles : le frottement du fricteur est ainsi accentué et l'élévation de température par l'action mécanique est bien assurée.

Essai du sulfure d'antimoine.

Ce corps renferme souvent du sulfure d'arsenic, dont il doit être absolument exempt pour les usages pyrotechniques.

On réduit le sulfure d'antimoine en poudre fine, on le laisse macérer 12 heures dans de l'ammoniaque; on filtre, et on additionne le liquide limpide d'acide chlorhydrique en excès. Le sulfure d'arsenic dissous dans l'ammoniaque se précipite.

On peut aussi évaporer la solution ammoniacale de sulfure d'arsenic, il reste alors ce dernier comme résidu. Il est vrai que du sulfure d'antimoine se dissout; on reprendra le résidu par un peu d'acide chlorhydrique, qui dissout le sulfure d'antimoine et non le sulfure d'arsenic.

Voici une autre méthode qui donne de bons résultats : on mélange intimement 20 gr. de sulfure d'antimoine en poudre fine avec 40 gr. d'azotate de sodium et 20 gr. de carbonate de sodium. On jette cette masse peu à peu dans un creuset chauffé au rouge vif. On reprend par l'eau, on filtre, on additionne le liquide d'acide chlorhydrique, et on précipite par l'hydrogène sulfuré. Le sulfure d'arsenic qui se dépose est mêlé d'un peu de sulfure d'antimoine. On fera digérer, à chaud, la masse humide avec du carbonate d'ammoniaque; on filtre, on acidule le liquide filtré, et on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré. On obtient ainsi le sulfure d'arsenic que l'on pèse.

On peut évidemment essayer une petite quantité de la masse blanche retirée du creuset à l'appareil de Marsh, en observant qu'ici les taches seront mixtes.

Galène. — Ce corps, qui est le sulfure de plomb naturel, sert souvent à falsifier la stibine en poudre. On dissout celle-ci dans l'acide chlorhydrique; le résidu contient la galène. On le lave à l'eau, on le reprend par de l'acide azotique étendu qui dissout en partie la galène, sous forme de nitrate de plomb. On étend d'eau, on filtre, et on recherche le plomb par les réactifs de ce métal.

Sulfure de fer. — Il sert aussi à falsifier la stibine. Dans la solution chlorhydrique précédente filtrée qui contient le fer, on recherche celui-ci par ses réactifs spéciaux.

Graphite. — S'il reste un résidu après l'attaque par l'acide chlorhydrique et l'acide nitrique, c'est du graphite.

Bioxyde de manganèse. — On fond un peu de poudre métallique avec un mélange de potasse caustique et de salpêtre sur un tesson de porcelaine. Il se forme du manganate de potassium, facile à reconnaître à sa belle couleur verte.

CHAPITRE II.

FABRICATION DE LA POUDRE MURIATIQUE POUR ÉTOUPILLES ET VIS PORTE-FEU.

240. On fait un mélange de parties égales de chlorate de potassium et de sulfure d'antimoine.

La réaction qui a lieu entre les deux substances soit par la chaleur, soit par le choc est la suivante :

$$\underset{368}{3KClO^3} + \underset{340}{Sb^2S^3} = 3KCl + Sb^2O^3 + 3SO^2.$$

Afin de diminuer le danger de la fabrication, on mouille les matières avec de l'alcool gommé; on mélange $\frac{1}{2}$ litre d'alcool à 90° (G-L) et $\frac{1}{2}$ litre d'eau de pluie dans laquelle on a fait préalablement dissoudre 30 gr. de gomme arabique. La gomme sert de liant et l'alcool active la dessiccation ultérieure de la poudre.

On place 10 grammes de chlorate de potassium en poudre sur une table de marbre, on humecte d'alcool gommé et on triture au moyen d'un rouleau en bois; on ajoute ensuite 10 grammes de sulfure d'antimoine avec une nouvelle portion d'alcool gommé, et on mélange intimement et avec prudence; la consistance de la pâte doit être celle du mastic de vitrier. Réglementairement, l'opérateur porte un masque en fil de fer et des gants épais; en pratique, cette précaution est souvent négligée à tort.

On charge les petits tubes des étoupilles au moyen de la mixture humide; celle-ci est étendue, sous une épaisseur donnée, sur un carreau de verre ou un marbre; l'ouvrier enfonce le petit tube dans

la composition, qui ne doit le remplir qu'aux deux tiers. L'étoupille achevée est desséchée pendant 18 heures.

241. — Amorce pour capsules de cartouches de fusil (Mauser)

Chlorate de potassium	15	parties.
Sulfure d'antimoine	13	»
Soufre	1	»
Pulvérin	1	»

On triture sur une table de marbre au moyen d'un rouleau de bois, d'abord le chlorate de potassium, auquel on ajoute ensuite une dissolution de gomme adragante dans l'alcool. Après 15 minutes, on ajoute le sulfure d'antimoine qu'on triture 15 minutes; puis le soufre, on triture 15 minutes, et enfin le pulvérin, on triture encore 15 minutes. L'opération totale dure donc une heure.

On charge les capsules de cette mixture; le poids d'une pastille est de 0gr055.

L'inflammation doit se faire ici par le choc de l'aiguille contre le fond de la capsule; la matière est écrasée contre l'enclumette ou téton de la cartouche, d'où naît une friction des éléments de la poudre entre eux.

L'addition d'un peu de soufre est utile, parce que ses cristaux assez durs augmentent la rugosité de la masse. Les ratés sont diminués.

Généralement, les capsules-amorces de guerre ou de chasse sont recouvertes d'une goutte de collodion, ou de préférence de vernis au caoutchouc.

Composition pour capsules fulminantes des vis porte-feu (modification).

Chlorate de potassium	1	partie.
Sulfure d'antimoine	1	»
Fulminate de mercure	0,5	»
(à 15 % d'eau.)		

242. Compositions fulminantes diverses. —

1°	Chlorate de potassium	4	parties.
	Sulfure d'antimoine	2	"
	Soufre	1	"
2°	Chlorate de potassium	5	"
	Sulfure d'antimoine	4	"
3°	Chlorate de potassium	16	"
	Sulfure d'antimoine	8	"
	Soufre en fleurs	4	"
	Poussière de charbon humectée d'eau gommée et sucrée	1	"

On ajoute au mélange 5 gouttes d'acide nitrique, on broie et on sè

4° *Amorces pour jouets d'enfants ou pour capsules :*

	Simples.	Doubles (plus sensi
Chlorate de potassium . .	12	9
Phosphore amorphe. . .	6	1
Oxyde de plomb	12	"
Résine	1	"
Sulfure d'antimoine . . .	"	1
Soufre sublimé	"	0,25
Salpêtre	"	0,25

Les pastilles sont d'environ 0gr01. Ces amorces détonent fa ment par contagion. Nous rappelons l'explosion de 1878, Béranger, à Paris. Environ 6 millions d'amorces détonèrent, maisons furent détruites et 14 personnes tuées. Les am contenaient environ 10 gr. d'explosif pour 1000.

5° *Amorces Armstrong.* — Mélange de chlorate de potassiu de phosphore rouge (très dangereux).

6° *Détonateurs Abel :*

Chlorate de potassium . .	16	64
Sous-sulfure de cuivre . .	28	14
Sous-phosphure de cuivre .	56	22

7° *Détonateurs Augendre* (électrique pour tensions moyennes) :

Chlorate de potassium	41,46
Ferrocyanure de potassium . .	25,00
Sucre en poudre	20,85
Charbon de cornue en poudre. .	12,50

8° *Détonateurs pour fusils :*

Fulminate de mercure.	70	100	100	100	109	100
Chlorate de potassium.	30	"	"	"	"	"
Nitrate de potassium .	"	50	"	"	"	"
Pulvérin	"	"	60	"	"	"
Nitre	"	"	"	62,5	117	45,5
Soufre	"	"	"	29	23	14,5

9° *Détonateurs anglais* (fusées Boxer et à temps) :

Chlorate de potassium.	6
Sulfure d'antimoine	4
Fulminate de mercure.	4

On humecte avec une solution de gomme-laque dans l'alcool.

10° *Fusées à percussion anglaise :*

Fulminate de mercure.	6
Chlorate de potassium.	6
Sulfure d'antimoine.	4

11° *Amorces Abel :*

Mélange de chlorate de potassium et de coton-poudre.

12° *Poudre au chlorate de potassium et d'hypophosphites :*

On mélange en parties égales du chlorate de potassium et de l'hypophosphite de baryum, tous les deux bien secs. Cette poudre détone avec violence en vase clos et est brisante comme le fulminate de mercure. Elle détone facilement par le choc et par la friction.

13° *Amorces pour cartouches de poudre sans fumée :*

Chlorate de potassium .	50	pastilles de 30 mmg.
Sulfure d'antimoine . .	35	
Fulminate de mercure .	15	

14° *Poudre Kandler pour amorces électriques par inducti* (1900) :

Chlorate de potassium	5
Sulfure d'antimoine	3
Ferrocyanure de plomb	2
Graphite de creuset	1

Pulvériser séparément, mélanger humide, sécher et pulvéris (prudence). Cette poudre très conductrice s'enflamme facileme au moyen d'une étincelle de 5 mm.

15° *Poudres pour amorces de tension :*

$KClO^3$.	43	47	44	52	61
Sb^2S^3	43	47	44	48	35
S	14	"	"	"	"
Plombagine	"	"	12	"	"
Charbon de cornue .	"	6	"	"	3

Combustion complète.

CHAPITRE III.

GÉNÉRALITÉS SUR LES POUDRES AU CHLORATE DE POTASSIUM.

243. — Les poudres au chlorate de potassium sont caractérisées par une inflammation plus facile que les poudres au nitrate, leur vivacité est extrêmement grande, elles font explosion par le choc modéré, par la friction et par l'acide sulfurique.

Le chlorate de potassium renferme 40 % en poids d'oxygène ; le nitrate de potassium, 47 % en poids de ce même gaz ; l'avantage semble donc être en faveur du dernier sel. Mais le chlorate dégage son oxygène avec bien plus de facilité que le nitrate ; la température de sa décomposition pyrogénée est relativement basse et le dégagement gazeux presque subit. Il résulte de là que la combustion des éléments oxydables de la poudre se fait avec une très grande rapidité ; toute la chaleur produite par la réaction sert presque exclusivement à chauffer les gaz et à augmenter leur volume, sans que cette chaleur puisse se perdre en quantité notable par refroidissement au contact de l'air ou des parois de l'enceinte dans laquelle la poudre est renfermée. Des poudres brûlant lentement, au contraire, perdent beaucoup de leur chaleur par contact, et leurs effets brisants sont moindres.

Les poudres au chlorate se distinguent donc des poudres au nitrate par une combustion très rapide de la charge, un dégagement de chaleur utile énorme et des pressions initiales, presque instantanées, très considérables.

244. Poudre de Berthollet. —

Chlorate de potassium	75,00
Soufre	12,50
Charbon de bois	12,50

Elle a, comme on le voit, la même composition centésimale que la poudre de guerre.

L'équation de réaction entre ses trois éléments peut être représentée par :

$$2KClO^3 + C^3 + S = K^2S + 3CO^2 + Cl^2,$$

qui correspond théoriquement à la composition :

Chlorate de potassium	78.28
Soufre	11,50
Carbone	10,22
	100,00

La composition des produits de l'explosion d'une poudre a une grande influence sur sa nature brisante. Il faut tenir compte des phénomènes de dissociation qui se manifestent à la suite de la haute température qui se produit. On peut admettre qu'à la température maximum de l'explosion, tous les produits sont réduits en leurs éléments. Cette dissociation ne peut se faire que par l'absorption d'une partie de la chaleur produite. Si les produits de l'explosion d'une poudre sont d'une composition complexe, comme c'est le cas pour la poudre noire ordinaire, une grande partie de la chaleur sera utilisée non à élever la température des gaz et à augmenter leur volume, mais à effectuer le travail de désagrégation des molécules complexes. Il résulte de là, dans le principe, une diminution dans les tensions en vase clos. Pendant le refroidissement, le phénomène inverse s'accomplit, les atomes séparés se recombinent avec mise en liberté de chaleur, laquelle sert alors à empêcher une chute rapide des pressions.

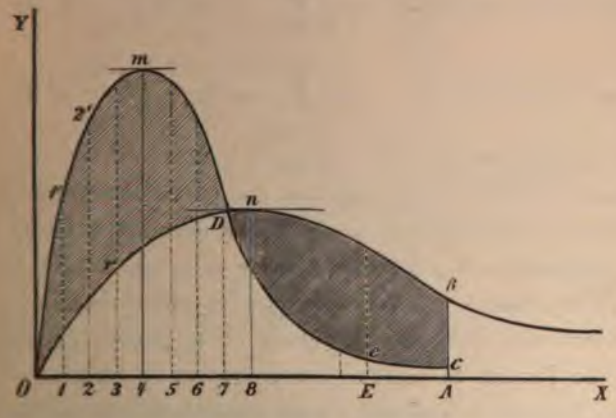
Si, au contraire, les produits de l'explosion sont simples ou très stables, ils éprouvent les phénomènes de dissociation à une température plus haute et d'une façon moins marquée que les combinaisons plus complexes. Presque toute la chaleur dégagée sert dans ce cas à la dilatation brusque des gaz et à l'augmentation presque instantanée des pressions; la chute de celles-ci sera également

très rapide, n'étant pas ralentie par des restitutions successives de chaleur.

Il en est ainsi des poudres aux chlorates et cela explique leur caractère brisant.

Les courbes des pressions donnent une idée exacte des effets plus ou moins brisants des poudres et règlent leur emploi rationnel dans les armes à feu.

Prenons deux axes rectangulaires OX et OY. Sur l'axe des X portons une longueur OA égale à la longueur de l'arme à feu et



divisons-la en un certain nombre de parties égales O-1, 1-2, 2-3, etc. Élevons en ces points des ordonnées 1-1', 2-2'. 4-*m*, etc., dont les longueurs sont proportionnelles aux pressions exercées au moment où le projectile passe aux points 1, 2, 3, ..., etc. Si nous réunissons les extrémités de ces ordonnées, on obtient une courbe O1'2'*m*D*ec*, applicable, par exemple, à une poudre au chlorate de potassium. La courbe O*n*β est applicable, je suppose, à une poudre au nitrate de potassium. La comparaison de ces deux courbes permet de juger de l'effet destructeur de l'explosif, sur l'arme dans laquelle il fait explosion.

On constate que la pression maximum 4-*m*, pour la poudre chloratée, a une valeur très élevée, à peine le projectile mis en marche et que la chute des pressions est très rapide. Dans la courbe D*n*β, au contraire, la pression maximum 8*n* est plus faible, la

pression initiale monte graduellement et lentement jusqu'en n et descend progressivement jusqu'en β. L'expérience apprend qu'une pression modérée qui agit pendant un temps très long a un effet nuisible moindre qu'une pression violente presque instantanée. Le premier cas représente l'effet d'une force lentement appliquée, l'autre celui du choc brusque.

Il est à remarquer que l'aire comprise entre les deux courbes et l'axe des X représente le travail total exercé par les deux explosifs dans la même arme à feu.

La surface O 1′2′ m DcA8O vaut $\int_0^{OA} y\,dx = \int_0^{OA} p.\,dx = W.$

La surface OrD$n\beta$A 8O vaut $\int_0^{OA} y'dx = \int_0^{OA} p'\,dx = W'.$

Il peut arriver que $W > W'$; $W = W'$; $W < W'$.

On remarque que les deux aires ont une partie commune OrDcAO; leur différence dépend donc des surfaces curvilignes OmD et Dβc qui sont hachurées. Il peut très bien se faire que l'effet utile des deux explosifs soit le même, quoique les effets destructeurs sur l'arme soient très différents. Le choix de la poudre dépend de la longueur de l'arme. Si celle-ci est courte et se termine en E, le travail de la poudre vive sera plus considérable que celui de la poudre lente sur le projectile, et si les parois de l'arme n'ont rien à craindre de la vivacité de la poudre, l'explosif le plus brisant sera le plus avantageux.

Si l'arme est longue, comme une bouche à feu, l'effet utile de la poudre lente peut dépasser celui de la poudre vive avec un effet nuisible beaucoup moindre. Telle est la justification de l'emploi des poudres vives dans les armes courtes : pistolets, revolvers, fusils, et de poudres d'autant plus lentes que la longueur et le calibre des canons augmentent.

Poudres au chlorate à combustion complète.

245. Chlorate et carbone. — La formule suivante permet de calculer les proportions de ce mélange avec la condition de donner

comme produits de l'explosion des corps à leur maximum d'oxydation :

$$2KClO^3 + 3C = 2KCl + 3CO^2.$$

Le calcul des poids atomiques indique les proportions :

Chlorate de potassium.	87,20
Carbone	12,80
	100,00

Force du mélange :

m	=	281	grammes.
Q_{mp}	=	302,8	calories.
Q_{mv}	=	304,5	id.
Q_{kp}	=	1077,5	id.
Q_{kv}	=	1083,7	id.
W	=	460572	kilogrammètres.
V_m	=	66,960	litres.
V_k	=	238,29	litres.
t	=	3602°	
f	=	3507,3	kilogrammes.
α	=	0,238	(gaz).

246. Chlorate de potassium et soufre.

$$\underset{245,2}{2KClO^3} + \underset{96}{3S} = 2KCl + 3SO^2,$$

ce qui donne :

Chlorate de potassium.	71,90
Soufre	28,10
	100,00

Force du mélange :

m	= 341	V_k	= 196,36 litres.
Q_{mp}	= 228,4	W	= 286747
Q_{mv}	= 240,1	t	= 3784°
Q_{kp}	= 669,8	f	= 3025 kg.
Q_{kv}	= 674,7	α	= 0,196
V_m	= 66,96 litres.		

247. Chlorate de potassium, soufre, carbone.

$$\underset{2695}{22\,KClO^3} + \underset{288}{9\,S} + \underset{288}{24\,C} = 9\,SO^2 + 24\,CO^2 + 22\,KCl.$$

Le calcul indique :

Chlorate de potassium	82,40
Soufre	8,80
Carbone.	8,80

Force du mélange :

m	=	3271	V_m	=	736,56
Q_{mp}	=	3107,6	V_k	=	225,17
Q_{mv}	=	3131,5	t	=	3284°
Q_{kp}	=	950	f	=	3895 kg.
Q_{kv}	=	955,8	α	=	0,225
W	=	406223			

248. Chlorate et sucre.

$$\underset{980}{8\,KClO^3} + \underset{342}{C^{12}H^{22}O^{11}} = 12\,CO^2 + 11\,H^2O + 8\,KCl.$$

ce qui donne :

Chlorate de potassium	74,20
Sucre	25,80

Force du mélange :

m	=	1322	V_m	=	513,36
Q_{mp}	=	1319,7	V_k	=	388,32
Q_{mv}	=	1332,56	t	=	3292°
Q_{kp}	=	998	f	=	5257
Q_{kv}	=	1008	α	=	0,388
W	=	420391			

Si l'on compare les résultats fournis par les poudres au nitrate avec ceux donnés par les poudres au chlorate, on a :

249. Poudre au nitrate et au charbon.

$$4\,AzO^3K + C^5 = 2\,CO^3K^2 + 3\,CO^2 + 2\,Az^2.$$

			Pour la poudre au chlorate :
m	=	464,4	
Q_{mp}	=	362,8	
Q_{mv}	=	365,6	
Q_{kp}	=	781,2	1077,6
Q_{kv}	=	787,3	1083,7
W	=	334602	460572
V_m	=	111,6	"
V_k	=	240,3	238,3
f	=	3068	3507,3
α	=	0,240	0,238
t	=	3099°	

250. Poudre au nitrate et au soufre. —

$$2\,AzO^3K + S^2 = SO^4K^2 + SO^2 + Az^2.$$

			Pour la poudre au chlorate :
m	=	266,2	
Q_{mp}	=	174,000	
Q_{mv}	=	175,627	
Q_{kp}	=	653,640	669,8
Q_{kv}	=	657,94	674,7
W	=	279623	286747
V_m	=	44,640	"
V_k	=	167,690	196,36
f	=	2188	3025
α	=	0,167	0,196
t	=	3171°	

251. Poudre au nitrate, soufre, carbone.

$$AzO^3K + S + 3\,C = K^2S + Az^2 + 3\,CO^2.$$

			Pour la poudre au chlorate :
m	=	270,2	
Q_{mp}	=	146,8	
Q_{mv}	=	148,9	
Q_{kp}	=	543,3	950
Q_{kv}	=	551,07	955,8
W	=	234204	406223
V_m	=	80,28	"
V_k	=	330,42	225,17
t	=	2698°	"
f	=	3733	3895
α	=	0,330	0,225

On constate, en examinant ces chiffres, que la plupart des poudres au chlorate ne sont pas plus fortes que les poudres correspondantes aux nitrates. Leur allure brisante est la conséquence d'une rapidité plus grande de leur explosion.

Poudres à base de chlorate et de nitrates (mines et ruptures).

252. *Poudre de Berthollet.*

Chlorate de potasse .	75
Soufre	12,5
Charbon de bois. . .	12,5

Poudre Kellow et Short.

Salpêtre sodique . .	30	36	10
" potassique .	8	3	20
Chlorate de potassium.	12	6	10
Fleur de soufre . . .	10	10	"
Tannée	16	50	46

Poudres blanches.

	d'Augendre.	de Pohl.
Chlorate de potasse .	2	3
Sucre blanc . . .	2	1
Prussiate jaune . .	1	1

Poudre de Knaffl.

Chlorate de potasse .	46
Salpêtre	27
Soufre	15
Ulmate d'ammonium .	10

Asphaline.

Chlorate de potasse .	63
Son.	42
Salpêtre et sulfate de potasse	4

Poudre de Hafenegger.

Chlorate de potasse .	9	2	4	4	1	11
Soufre	0,25	"	"	0,25	"	0,25
Charbon de bois . .	0,25	"	0,25	0,25	"	0,25
Prussiate jaune . .	"	1	1	"	"	"
Sucre.	"	1	1	4	1	"

Poudre de Callou.

Chlorate de potassium
Orpiment

Poudres de Spence.

	Artillerie.		Armes portatives.	
Chlorate de potasse . .	20	10	10	10
Houille	2	$\frac{3}{4}$	1	$\frac{5}{4}$
Bicarbonate de soude .	3-4	3-4	—	$\frac{3}{4}$
Sciure de bois. . . .	7	$3\frac{1}{2}$	—	—
Charbon de bois . . .	2	1	2-3	$\frac{3}{4}$
Farine de froment . .	—	—	2	$2\frac{1}{2}$
Salpêtre potassique . .	—	—	—	$\frac{1}{4}$

Poudres d'Erhardt.

	Artillerie.	Mines.	Bombes.
Chlorate potassique .	1	1	1
Salpêtre id. .	1	1	"
Charbon de bois . .	"	4	"
Tannin ou cachou. .	1	2	1

Poudre Vril (tir des armes portatives).

$KClO^3$	48
AzO^3K	24,3
Ferrocyanure	9,1
Charbon de bois	11,6
Paraffine	6,5
Oxyde de fer	0,5
	100,00

Poudre de Hahn.

Chlorate de potasse	367,5
Sulfure d'antimoine	168,5
Charbon	18,0
Blanc de baleine	46

Poudre Horsley.

Chlorate de potasse	9
Noix de galle en poudre	3

Poudre Scharp et Smith.

Chlorate	2
Salpêtre	2
Soufre	2
Bitartrate de potasse	1
Ferricyanure id.	1

Poudre de Fenton.

Chlorate de potassium	16
Sucre	4
Prussiate jaune de potassium	4

Poudre Siemens.

Chlorate.
Salpêtre.
Paraffine ou poix ou asphalte.

Papier poudre Melland (fusils).

Chlorate	9	Faire bouillir pendant 1 heure dans 79 p. d'eau ; on plonge dans la liqueur du papier non collé qu'on enroule en forme de cartouche et qu'on sèche ; on revêt d'une dissolution de 1 de xyloïdine dans 3 p. acide acétique. Encrasse peu les armes.
Salpêtre	4,5	
Prussiate jaune K. .	3,25	
Charbon de bois . .	3,25	
Amidon	$\frac{1}{21}$	
Chromate K. . . .	$\frac{1}{16}$	

Poudre de Nisser (1866).

Chlorate ou perchlorate . . .	10,5	15,75
Prussiate jaune ou rouge. . .	1,5	2,25
Salpêtre K ou Na	44,5	55,50
Substance photogène	6,5	10,00
Houille	19,5	4,75
Soufre.	15,5	9,50

Rackarock (Devine), grande puissance.

1°	Chlorate de potasse. .	3	4	mélanger au moment de s'en servir.	
	Nitrobenzol	1	1		
2°	Chlorate pulvérisé fin .	4	5	4,5	
	Nitrobenzène à 20° B.	1	0	1,00	
	Soufre pulvérisé. . .			0,08	
3°	Chlorate				3,54
	Huile de goudron et sulfure de carbone à 21° B.				1

En général, toutes les poudres au chlorate de potassium sont dangereuses à manier. Elles ont même une tendance à devenir plus sensibles avec l'âge et quelquefois elles font spontanément explosion. Cet accident est souvent la suite d'une acidification du soufre par suite de l'humidité. On ne devrait pas employer le chlorate de potassium ailleurs que dans les poudres d'amorces.

Les poudres au chlorate détonent sous l'influence d'une capsule au fulminate de mercure, même à l'air libre.

Afin de diminuer le danger du mélange de chlorate et de matières combustibles tout aussi bien dans la fabrication que dans la manipulation, on a imaginé de mêler le chlorate à des matières plastiques même liquides.

Nous en avons déjà des exemples dans les Rackarock.

à double effet (Turpin).

de chlorate et de goudron; on ajoute des proportions d'oxydes moins énergiques que le chlorate, tels que itrate de plomb, bioxyde de manganèse.

ron, par sa plasticité, diminue la sensibilité au choc. Ces euvent détoner par la capsule au fulminate de mercure; a décomposition normale des poudres; de là le nom de double effet.

dres réalisent un progrès sur les poudres analogues au es effets sous l'influence de la capsule sont moindres que namite, mais ils sont encore importants.

Le Maréchal.

Acide stéarique	16
Chlorate K	84

ytes (Turpin).

chloratées avec goudron comme combustible. Le goudron ssé des acides et rendu alcalin avec 2-10 % d'un carbonate s de soufre qui est un élément dangereux dans les poudres à cause de la tendance à l'acidification (SO^4H^2).

	Extra forte.	Forte n° 1.	Lente n° 2.	Lente n° 3.
K.	00	80	40	40
Na.	—	—	48	—
K.	—	—	—	—
. . . . .	10	10	20	20
végétal . . .	5	6	5	—
ate Na . . .	2-3	2-4	4-5	4-5

(Louis).

ébomite au suif	Chlorate K . .	90
	Suif.	7
ébomite au nitrotoluène	Chlorate K . .	90
	Suif.	5
	Nitrotoluène . .	5

ropriétés analogues aux cheddites comme sensibilité à l'amorce transmission de la détonation mais légèrement inférieures. Force uffisante.

Explosif au chlorhydrate de térébenthine (Soc. franç. des plosifs).

lorate K.	80
trate K	10
lorhydrate de térébenthine (dissous dans 1 % de naphtaline).	10

On mélange les deux oxydants, puis on mélange à chaud avec le lorhydrate et la naphtaline à 40° c.

La conservation ne donne pas de garanties suffisantes à cause e la volatilisation du corps enrobant. Il ne reste finalement plus ue les oxydants.

Cheddites (Bergès, Corbin et Cie), composés d'un mélange fait chaud de chlorate K finement pulvérisé et d'une solution chaude s une huile grasse d'un dérivé nitré ou d'une combinaison de vés nitrés. On emploie surtout l'huile de ricin, la nitro-taline, etc.

s explosifs sont peu sensibles, stables et puissants.

Type 41 (dit progressif)	Nitronaphtaline . .	12
	Huile de ricin. . .	3
	Chlorate K	80
Type 60 (brisant)	Nitronaphtaline . .	12
	Huile de ricin. . .	6
	Acide picrique. . .	2
	Chlorate K	80

résulte des expériences du général Hess que ces explosifs ont avantages suivants :

1° Facilité, simplicité et sécurité de fabrication;

2° Sécurité absolue de transport, de conservation, de manipu-tion et d'emploi.

3° Résistance complète aux intempéries et aux agents atmosphé-iques permettant le transport, la conservation et l'emploi sous tous s climats et en toutes saisons. Le froid n'a aucune action sur les

cheddites; en effet, on a tiré sans aucun résultat sur des cartouches portées à -10°.

4° Facilité et sûreté d'emploi soit en poudre libre, soit en cartouches, dues à la plasticité des explosifs.

5° Densité élevée n'exigeant pas l'emploi de trous de mine d'un diamètre supérieur à ceux que nécessite la dynamite.

6° Détonation assurée, avec un tassement suffisant dans les trous de mine avec des amorces de 1 gr. de bonne qualité et dans tous les autres cas avec des amorces de 2 gr. au plus.

Des types brisants n° 60 et 60bis ont une puissance au moins égale à celle de la dynamite n° I; le type progressif n° 41 a une puissance au moins double de celle de la poudre noire. Le prix de revient est bas.

	Cheddite 60bis.	Cheddite 60bis modifiée.
Chlorate K . . .	80	75
Dinitrotoluène . .	2	19
Mononitronaphtaline	13	1
Huile de ricin . .	5	5

Le dinitrotoluène doit fondre au-dessus de 60°; le mieux de 66° à 68°.

Explosifs chloratés Street (Bergès, Corbin et Cie)

Chlorate K . . .	79	80	80
Dinitrotoluine . .	15	—	—
Mononitronaphtaline	—	12	12
Huile de ricin . .	5	6	8
Acide picrique . .	—	1	—

En général des mélanges de $KClO^3$ et de dérivés nitrés d'hydrocarbures, phénols, amines, etc., dissous dans l'huile de ricin.

Explosifs du type Sprengel.

La matière combustible n'est pas mélangée avec la matière comburante. Le mélange se fait sur place.

Comburant	*a*	*b*	*c*
$KClO^3$.	95	90	80
MnO^2	5	10	20

Combustible	1	2
Nitrobenzol	50	60
Essence de térébenthine.	20	15
Naphte	30	25

On peut obtenir six combinaisons :

$$a + 1, \quad b + 1, \quad c + 1, \quad a + 2, \quad b + 2, \quad c + 2.$$

Les mélanges sont calculés de façon que sur 87 p. du solide, il intervient 13 p. des liquides (fabriqué à la poudrerie de Vongers).

Explosif Prométhée (Jewler 1898).

Un comburant solide et un combustible liquide :

98 p. d'un mélange solide comprenant	80 % $KClO^3$. 20 % MnO^2.
18 p. d'un mélange liquide comprenant	65 % nitrobenzine. 35 % huile lourde de pétrole.

L'oxydant est moulé en cartouches qu'on plonge au moment de s'en servir dans le liquide. Mais l'absorption n'est pas uniforme d'une cartouche à l'autre. Sert pour les mines.

Explosif Donar (soc. Prométhée) :

Composé solide à comprimer en cartouches.	$KClO^3$.	70-80
	Permanganate K . . .	28-20
	Chromate K	2-10
Composé liquide	Nitrobenzine	70-80
	Essence de térébenthine .	30-20

Imbiber 15'. — On fait sauter à la capsule.

Explosifs à base de perchlorates.

Carlsonites (Carlson de Stockholm), 1897.

Perchlorate d'ammonium .	40-80	51-80	60-70	76-80	70	81	89
Paraffine	—	10-25	10-20	—	—	—	—
Naphtaline	5-8	20	—	—	—	—	—
Dinitrobenzine	—	—	—	—	—	10	—
Charbon de bois	—	5-20	—	—	—	—	—
Sucre de canne	—	—	—	16-32	—	—	11
Pétrole.	—	—	10-20	—	—	—	—

Farine de bois	5-20	—	—	—	—	—	
Vaseline	—	—	—	—	7-16	—	
Résidu de pétrole	3-10	—	10-20	—	—	—	

Le perchlorate est le seul élément oxydant.

Explosif Turpin, antigrisouteux quand on augmente la proportion de carbonate alcalin.

Perchlorate K	80	60	—	—	—	—	—	—
" Am	—	—	85	75	60	50	40	30
Chlorate K	—	—	—	—	15	—	40	20
Goudron	10	10	15	10	10	10	10	10
Trinitrocrésylate Am	10	—	—	—	—	—	—	10
Trinitrophénate Am	—	30	—	—	10	—	10	—
Trinitrobenzoate Am	—	—	—	15	—	—	—	—
Nitrate de guanidine	—	—	—	—	—	40	—	—
Permanganate Am	—	—	—	—	5	—	—	—

Poudres noires aux perchlorates. — Le Dr U. Alvisi, de Rome, a introduit, en 1895, des poudres noires à base de perchlorates (soufre, charbon de bois et perchlorates).

Cannel-coal powder, mélange de perchlorate d'ammonium et de cannel-coal qu'on emploie dans les mines comme la dynamite.

Manlianite, mélange de perchlorate d'ammonium, de soufre et de cannel-coal, qu'on emploie dans les mines comme la poudre noire ordinaire, c'est-à-dire sans capsule au fulminate.

Crémonites (Alvisi).

1°	Perchlorate Am . . .	50,97	Puissance supérieure à l'acide picrique.
	Acide picrique	49,03	
2°	Perchlorate Am . . .	48,85	
	Picrate Am	51,15	

Chromates.

254. — On emploie quelquefois en petites quantités des chromates et bichromates qui jouent le rôle d'oxydants.

Le chromate de plomb CrO^4Pb (jaune de chrome) est un oxydant énergique; associé à des matières combustibles, il forme des explosifs très forts.

Parfois des objets peints en jaune de chrome tels que les abat-jours peuvent prendre feu spontanément et même faire explosion.

CHAPITRE IV.

ANALYSE DES MÉLANGES PYROTECHNIQUES.

255. Essai qualitatif. — On commence par enflammer une petite quantité de la matière. La couleur de la flamme indiquera la présence de certaines bases colorantes. Les sels de sodium donnent une couleur jaune intense; le potassium colore la flamme en violet; le baryum en vert; le strontium en rouge; le calcium en rose; le cuivre en bleu, etc., etc. Lorsque les couleurs sont mélangées, on s'aide du spectroscope ou de milieux colorés. On peut faire usage de verres de couleur, d'une dissolution d'indigo, etc.; ils éteignent la coloration produite par l'un des métaux. Un mélange de sel sodique et de sel potassique donne dans la flamme du bec Bunsen une lumière jaune qui masque la couleur violette due au potassium; mais, si l'on examine cette flamme à travers un verre de cobalt bleu foncé ou une dissolution d'indigo, la lumière jaune est éteinte et la flamme violette apparaît.

On fait ordinairement usage de 4 verres : un bleu, un violet, un rouge et un vert.

Le choc fait éclater avec violence les mixtures chloratées; celles-ci s'enflamment par le contact d'une goutte d'acide sulfurique concentré. Cependant les mélanges renfermant du fulminate de mercure jouissent des mêmes propriétés.

1° On lave à l'eau distillée froide une certaine quantité de la matière, puis on évapore à sec le liquide filtré. On chauffe une partie de la matière sèche sur une lame de platine; s'il y a déflagration, il y a, outre l'azotate, le chlorate et le perchlorate, des matières combustibles solubles dans l'eau, comme la dextrine, la gomme, le sucre, le tannin, etc., qui servent de liants.

Si le résidu fond sans combustion, il n'y a probablement que des azotates et des chlorates. On essayera une partie dissoute, par le nitrate d'argent; si rien ne se passe, on calcine un peu de résidu salin et on fait un nouvel essai avec le nitrate d'argent; s'il y a précipité, le sel était du chlorate ou du perchlorate; si rien ne se présente, le sel était un nitrate. On essayera une portion de ce sel au moyen de l'oxalate de brucine.

Il est à remarquer que le mélange de salpêtre et de chlorate précipite souvent par le nitrate d'argent à cause des impuretés que ces sels contiennent. On se contente parfois de toucher le sel avec une goutte d'acide sulfurique, ce qui provoque un dégagement de peroxyde de chlore dans le cas de la présence du chlorate.

Si le mélange renferme des picrates, la solution est jaune, d'un goût très amer; elle devient rouge par son ébullition avec une solution de cyanure de potassium. On sait encore que la solution aqueuse d'acide picrique ou de picrates a un pouvoir tinctorial très prononcé; la laine s'y teint sans mordant. On peut donc tremper dans la solution jaune un fil de laine pendant quelques minutes; la laine se teint en jaune vif qui vire au rouge dans le cyanure de potassium.

On fait beaucoup usage dans les mélanges pyrotechniques de sulfate de cuivre, de nitrate de plomb, de sel marin, etc., qui passent dans la solution aqueuse; on en fera la recherche par les méthodes générales de l'analyse qualitative.

2° Le résidu resté sur le filtre est lavé à l'eau bouillante qui enlève le fulminate de mercure que l'on recueille après le refroidissement du liquide. Le filtre est séché à l'étuve, puis le résidu est lavé à l'alcool concentré qui dissout les résines qu'on précipite ensuite avec de l'eau.

Le soufre est extrait par le sulfure de carbone, mais on le reconnaît plus facilement par l'odeur qu'il répand dans sa combustion.

On examine à la loupe si la matière lévigée contient des paillettes métalliques. On pourra les dissoudre par l'acide chlorhydrique et en faire l'analyse qualitative. Les paillettes de fer sont faciles à séparer par l'aimant.

Le microscope peut aider à reconnaître le bois, les écorces, etc.

On voit que ces analyses sont souvent fort compliquées; pour aider le travail de recherches, on consultera utilement les ouvrages qui donnent les compositions des nombreux mélanges pyrotechniques en usage chez les artificiers. Nous citerons entre autres la *Chimie pyrotechnique de Tessier*.

Analyse quantitative. — On dose d'abord l'eau; puis on épuise la masse par des lavages à l'eau sur le double filtre, on évapore la solution et on sèche les filtres. On obtient le poids des matières solubles et des matières insolubles dans l'eau.

On dose dans un poids donné du résidu soluble l'acide azotique par la méthode de Schlœsing; on fond une partie pesée du résidu, on calcine jusqu'à décomposition complète du chlorate de potassium; on dose au moyen de l'azotate d'argent titré le chlorure de potassium qui s'est formé et l'on a ainsi l'acide chlorique.

On dose le baryum, le potassium, le sodium, etc., et on combine par le calcul les acides avec les bases.

Les autres recherches se feront d'après les indications fournies par l'analyse qualitative.

Certaines de ces analyses sont difficiles et longues; elles exigent de la part du chimiste une grande habileté; on comprend qu'il ne nous est pas possible d'entrer dans plus de détails.

SECTION II.

Poudres à base de fulminate de mercure et de ses dérivés.

CHAPITRE I.

FULMINATE DE MERCURE.

256. — En 1800, Horward découvrit que les nitrates de mercure et d'argent chauffés avec de l'alcool et de l'acide nitrique donnaient des corps hautement explosibles.

Les fulminates semblent dériver du cyanure de méthyle (acétonitrile) CH^3,CAz par le remplacement d'un atome d'hydrogène du radical CH^3 par le radical AzO^2, les deux autres atomes d'hydrogène étant remplacés par des radicaux métalliques.

$CHHH, H$	formène.
$CHHH, CAz$	acétonitrile (cyanure de méthyle).
$C(AzO^2)HH, CAz$	acide fulminique (nitroacétonitrile).
$C(AzO^2)Hg, CAz$	fulminate de mercure.
$C(AzO^2)Ag^2, CAz$	» d'argent.
$C(AzO^2)AgK, CAz$	» d'argent et de potassium.

D'après les recherches de M. J.-U. Nef, l'acide fulminique serait l'oxime de l'oxyde de carbone ou carbyloxime $C = NOH$.

Préparation. — On fait agir sur de l'alcool du nitrate de mercure.

Les formules suivantes donnent une idée de la réaction produite : elles n'expliquent cependant pas la génération des nombreux corps qui se forment réellement :

$$\underset{\text{Alcool.}}{2\,C^2H^6O} + \underset{\text{Azotate de mercure.}}{(AzO^3)^2Hg} = \underset{\text{Aldéhyde.}}{2\,C^2H^4O} + \underset{\text{Azotite de mercure.}}{(AzO^2)^2Hg} + H^2O.$$

$$(AzO^2)^2Hg + C^2H^6O = 3\,H^2O + \underset{\text{Fulminate de mercure.}}{C^2Az^2O^2Hg}.$$

Voici comment on prépare le fulminate de mercure à l'École de pyrotechnie (méthode Chandelon) :

On introduit dans un ballon de 40 litres, 5 litres d'alcool à 90° (Gay-Lussac), ou un mélange de 4 litres d'alcool et 1 litre d'aldéhyde, lequel est extrait des résidus des opérations précédentes. D'autre part, on fait dissoudre à froid 0,450 kg. de mercure dans 1 kilogr. d'acide azotique à 36° B. Pendant que la dissolution se fait, on chauffe au bain de sable 3,5 kg. d'acide azotique à la température de 80° c. Tout étant prêt, on verse avec un entonnoir à longue tige, d'abord les 3,5 kgr. d'acide azotique, ensuite la solution mercurielle dans le ballon qui contient l'alcool.

Au bout de quelques minutes la réaction commence, il se dégage d'abondantes fumées blanches contenant de l'alcool, de l'aldéhyde, des gaz nitreux, des vapeurs mercurielles et éthérées, de l'acide cyanhydrique, de l'acide formique, de l'acide acétique, etc. On condense avec soin ces vapeurs malsaines, en leur faisant traverser une série de bonbonnes en grès (touries), munies à leur partie inférieure d'un robinet en grès, servant à l'extraction des produits de la condensation. Elles portent à leur partie supérieure des tubulures à fermeture hydraulique, dans lesquelles viennent s'adapter des tubes en grès, recourbés à angle droit à leurs extrémités, et qui mettent ainsi en communication les diverses bonbonnes dont se compose le système. La dernière bonbonne est munie d'un tuyau en grès, à fermeture hydraulique, encastré dans la muraille de l'atelier, et il sert à conduire au dehors les produits délétères non condensés.

Après une heure et quart environ, la réaction est terminée, tout

le fulminate s'est déposé au fond du ballon sous forme de pe cristaux blanc-jaunâtre. On décante les eaux-mères et on ri à l'eau de pluie; puis on lave le fulminate par décantation à de ou trois reprises.

On conserve le fulminate sous une couche de 2 ou 3 centimèt d'eau de pluie, dans des bocaux fermés par une vessie, mainte avec une ligature en ficelle.

Une opération donne environ 0,670 kg. de fulminate humide, 0,500 kg. de fulminate sec.

Après un certain nombre d'expériences, on soutire les lique condensées dans les touries, on en sature l'acide libre par la ch éteinte, on distille au bain-marie et l'on obtient un liquide éth riche en aldéhyde, qui peut remplacer une portion de l'alcool d les manipulations suivantes.

Un ballon donne, pour une opération, environ 3,5 kg. à la cond sation; sur 80 litres de liquide, on retire 30 litres, c'est-à- jusqu'au moment où l'eau commence à distiller.

Méthode Bechmann. — On dissout 50 gr. de mercure à la tem rature ordinaire dans 600 gr. NO^3H (1.4) dans un ballon de 5 li à large col. On chauffe à 30° c. On chauffe d'autre part 550 d'alcool (98.5 %) à 30°; on verse la moitié dans le nitrate mercure. Dès que le dégagement des bulles a cessé et que le liqu du jaune clair passe au brun rouge, on verse d'un coup le restant l'alcool. Si l'on retarde l'addition de l'alcool au delà du po indiqué, la réaction devient tumultueuse; l'addition d'alcool cal celle-ci; on peut ajouter l'alcool en plusieurs fois. Si l'on ajo l'alcool trop tôt, il se précipite du mercure métallique. Dès que vapeurs blanches commencent à disparaître et qu'elles sont rem cées par des vapeurs brun rouge, on arrête la réaction en vers dans le ballon 1 litre d'eau froide.

Méthode C. De Bruyn. — L'auteur conseille de placer dans grande cornue tout l'alcool, puis d'ajouter le nitrate de mercure agitant continuellement.

Si l'on ajoute de l'acide nitrique à l'alcool, il se forme de l'ét azotique et il n'y a pas de dégagement de vapeurs nitreuses.

l'acide est en excès, il y a dégagement tumultueux de vapeurs et il se forme uniquement de l'éther nitreux.

Si la réaction ne s'amorce pas, on chauffera à 70°.

Le fulminate obtenu est gris et a l'aspect du sable. Pour le purifier, on le dissout dans une solution de cyanure de potassium, puis on le précipite par de l'acide nitrique étendu, on filtre, on lave à l'eau et on sèche si c'est nécessaire. Le sel double $C^2Hg^2N^2O^2$, CNK est très soluble dans l'eau et dans l'alcool.

257. Propriétés du fulminate de mercure. — Il cristallise en fines aiguilles, formées d'un amas d'octaèdres; pur il est bien blanc; il a un goût métallique douceâtre et il est vénéneux. Il est presque insoluble dans l'eau froide, peu dans l'eau bouillante : 130 parties d'eau bouillante dissolvent 1 partie de fulminate.

Le fulminate contient quelquefois du mercure libre; on peut le manifester en mettant le corps en suspension dans de l'acide chlorhydrique; le liquide blanchit par formation de chlorure mercureux.

Chauffé à 186°, il détone. Par une percussion ou une friction suffisante, il éclate avec violence; aussi doit-on le manier à l'état sec avec la plus grande prudence. Les gros cristaux sont plus sensibles au choc que les petits cristaux.

Si l'on transforme les cristaux en une poudre fine par le broyage sous l'eau, le fulminate perd une partie de sa grande sensibilité et se comporte comme un corps relativement maniable. Ce fait est sans doute dû à ce que les particules peuvent se déplacer facilement les unes par rapport aux autres.

Chaleur de formation depuis ses éléments — 63,5, quantité négative.

Les produits de la décomposition sont :

$$C^2Az^2O^2Hg = 2CO + Az^2 + Hg.$$

Cette formule a été établie par MM. Berthelot et Vieille, d'après des résultats d'expériences *(Mémorial des poudres et salpêtre*, t. II, p. 3).

Pour déterminer l'explosion par le choc, celui-ci doit avoir lieu entre des corps assez durs. L'éclatement se fait sûrement par faible choc du fer sur le fer; le choc bois sur bois, fer sur bois, le détermine plus difficilement.

Lorsqu'il est mouillé de 5 % d'eau, il offre moins de dangers; frappé sur une enclume avec un marteau, le point frappé seul détone. Noyé dans l'eau, dans laquelle il se conserve, du reste, sans aucune altération, il devient absolument inerte au choc le plus violent.

Densité = 4,43; c'est le plus lourd de tous les explosifs.

Le fulminate humide se décompose lentement au contact des métaux oxydables; le zinc, le cuivre, le fer se substituent au mercure et il se forme des fulminates moins sensibles au choc, d'où résultent plus tard les ratés de vieilles capsules; c'est pourquoi il est indispensable de vernir les capsules intérieurement.

L'acide sulfurique décompose le fulminate avec déflagration :

$$C^2Az^2O^2Hg + SO^4H^2 = SO^4Hg + C^2Az^2O^2H^2.$$

Il se forme du sulfate de mercure et de l'acide fulminique très instable.

Le fulminate est détruit par les alcalis avec dégagement d'ammoniaque; l'acide nitrique est sans action.

L'ammoniaque aqueuse transforme le fulminate de mercure en urée, guanidine et d'autres corps.

L'action de l'acide chlorhydrique donne de l'acide formique et de l'hydroxylamine. Si l'acide est concentré, il se forme de la chloroformoxime :

$$\begin{matrix} Cl \diagdown \\ H \diagup \end{matrix} C = NOH.$$

qui est l'oxime du chlorure de formyle $\begin{matrix} Cl \diagdown \\ H \diagup \end{matrix} CO$.

Ce produit est extrêmement vénéneux.

258. Force du fulminate de mercure. —

m	=	284	V_m	=	89,28
Q_{mp}	=	114,5	V_k	=	314,36
Q_{mv}	=	116,7	t	=	3453°
Q_{kp}	=	403,2	f	=	4576
Q_{kv}	=	411,2	α	=	0,314
W	=	174772			

MM. Berthelot et Vieille ont trouvé par expérience les résultats suivants avec les manomètres à écrasement (Crushers) :

Densite du chargement.	Poids du fulminate	Écrasements observés. mm.	Pressions en kg. par cent. carré.	Observations.
0,1	2,43	0,50	679	Piston de 1 cm.
0,2	4,86	2,40	1183	id.
0,3	7,29	4,60	1771	id.
0,4	9,72	3,20	2794	Piston de $\frac{1}{2}$ cm.

Le fulminate de mercure est l'explosif dont les effets de dislocation sont les plus grands, et cependant le volume des gaz et la chaleur dégagés sont moindres que dans la plupart des matières détonantes. Cette supériorité se manifeste surtout dans les actions de pulvérisation des corps avec lesquels le fulminate de mercure se trouve en contact. Elle dépend de plusieurs circonstances : 1° le fulminate éprouve une décomposition presque instantanée; 2° la densité du fulminate est très élevée; 3° les produits de la réaction n'éprouvent presque pas de dissociation.

On peut admettre, vu la vitesse de réaction, que l'explosif se trouve décomposé avant que les produits gazeux formés aient eu le temps de se dilater; il en résulte une expansion subite des gaz, lesquels, prenant appui sur une paroi résistante, la repoussent, ou si elle résiste, la pulvérisent. Cette pression instantanée est bien plus grande que la pression moyenne, réglée par la capacité du récipient dans lequel un volume moindre de fulminate viendrait à détoner.

La pression au contact est évaluée à 31.000 kg. par centimètre carré.

Les produits de l'explosion sont de l'oxyde de carbone, de l'azote et du mercure : ces corps n'éprouvent que peu ou pas d'effet de dissociation ; toute la chaleur dégagée par l'explosion sert donc presque entièrement à dilater brusquement les gaz; pendant leur refroidissement, peu de chaleur est restituée par le jeu des recombinaisons, et la chute des pressions est rapide. La manière d'agir du fulminate est donc très différente de celle de la poudre noire, son action est plutôt celle exercée par un choc d'une brusquerie énorme, que celle

d'un effort graduellement appliqué, et l'on sait qu'au point de vue des effets de rupture, les résultats sont fort différents.

Grâce à la grande densité du fulminate, il est possible de loger dans une enceinte un poids considérable de ce corps.

Dissolvants du fulminate de mercure.

1° L'acétone saturée de gaz ammoniac dissout facilement le fulminate.

2° Le thiosulfate Na le dissout également bien. Le liquide devient alcalin. On peut doser l'alcalinité et en déduire la quantité de fulminate, au moyen de l'acide sulfurique décinormal et le méthylorange comme indicateur.

On dissout $0^{gr}04$ — $0^{gr}05$ du fulminate ch. p. dans 30 cc. d'eau contenant 1 gramme d'hyposulfite. Après dissolution on allonge à 100 cc. avec de l'eau et on titre sur 25 cc., on connaît ainsi le rapport entre la liqueur acide et le fulminate.

Si l'on a affaire à un mélange, on filtre pour séparer le sulfure d'antimoine.

3° Le sulfite de soude dissout également le fulminate.

4° Le cyanure de potassium de même.

259. Fulminate de mercure et salpêtre. — L'explosif que nous étudions ne contient pas assez d'oxygène pour amener tous les produits de sa décomposition au plus haut point d'oxydation; on peut obtenir une combustion complète par l'addition de salpêtre :

$$5C^2Az^2O^2Hg + 4KAzO^3 = 2CO^3K^2 + 8CO^2 + 7Az^2 + 5Hg.$$

D'après cette formule, il faudrait, pour la combustion complète :

Fulminate de mercure	77,80	Rapport	3,5
Salpêtre	22,20	»	1
	100,00		

Dans la pratique, on prend un excès de salpêtre, afin d'assurer la combustion complète.

La pratique répond sensiblement à :

$$4C^2Az^2O^2Hg + 4KAzO^3 = 2CO^3K^2 + 6CO^2 + 6Az^2 + 4Hg.$$

Ce qui donne :

Fulminate de mercure	73,7	Rapport	3
Salpêtre	26,2	»	1

Les éléments de la force sont (combustion complète) :

m	= 1824,4	W	= 269616
Q_{mp}	= 1147,3	V_m	= 446,4
Q_{mv}	= 1158,7	V_k	= 244,6
Q_{kp}	= 628,9	f	= 2765
Q_{kv}	= 634,4	α	= 0,244

Effets de l'addition du nitre. — L'addition du nitre diminue le volume gazeux, ainsi que la pression théorique. Le choc initial est tempéré par les dissociations de l'acide carbonique et du carbonate de potassium, ce qui rend ce mélange moins brusque dans ses effets que le fulminate pur; cela empêchait, par exemple, la rupture des cheminées des fusils à piston dont on se servait dans le temps. De plus, le nitre donne plus d'expansion à la flamme.

260. Poudre fulminante pour capsules. — Cette poudre était autrefois en usage pour le chargement des capsules des fusils à piston et des pistolets. Elle se composait de :

Fulminate de mercure humide . .	450 parties.
Salpêtre raffiné	200 »

On étend en une couche mince, sur un plat de faïence, 450 grammes de fulminate humide égoutté, qu'on recouvre de 200 grammes de nitre pulvérisé et tamisé; on mélange avec une spatule en corne. La poudre est ensuite placée sur une toile cirée et on chauffe au bain-marie, on remue constamment pour empêcher la formation des grumeaux et pour favoriser le grenage; enfin, on passe au tamis.

Avant de charger les capsules, on les vernit.

261. Poudre fulminante pour capsules à balle. — Ces capsules servaient pour les tirs de chambrée :

Poudre noire	10,00
Fulminate de mercure	12,50

On fait le mélange avec un rouleau sur une table de marbre; on humecte avec de l'eau amidonnée.

262. Fulminate de mercure mêlé de chlorate de potassium. — La combustion complète se fait d'après la formule :

$$3C^2Az^2O^2Hg + 2KClO^3 = 2KCl + 6CO^2 + 3Az^2 + 3Hg.$$

La composition est donc :

Fulminate de mercure	77,66
Chlorate de potassium	22,34

$m = 1097$
$Q_{mp} = 773,5$
$Q_{mv} = 778,6$
$Q_{kp} = 705,1$
$Q_{kv} = 709,8$
$W = 301665$
$V_m = 267,84$
$V_k = 244,1$

La pression du fulminate mêlé de chlorate est plus élevée que celle du fulminate pur. Le choc initial est atténué par le chlorate de potassium.

Cette poudre est très sensible à la friction et a été la cause de plusieurs explosions dans les fabriques; elle est très dangereuse à manier.

Certains détonateurs pour dynamite renferment du chlorate.

Fulminate de mercure.	93
Chlorate de potassium.	7
Gomme arabique.	

263. Compositions fulminantes diverses (pour capsules) :

Fulminate de mercure .	100	100	100	109	100
Salpêtre	50	"	62,5	117	42,5
Poudre fine	"	60	"	"	"
Soufre	"	"	29	23	14,4

Le fulminate de mercure sert presque exclusivement aujourd'hui au chargement des capsules ou détonateurs destinés à faire détoner la dynamite, le coton-poudre et d'autres explosifs.

Ces capsules renferment plus ou moins de fulminate, ordinairement à l'état pur; elles se composent de tubes de cuivre emboutis, fermés d'un côté; on recouvre parfois le fulminate d'une rondelle en cuivre perforée au centre; cette rondelle a pour but d'empêcher le frottement de la mèche contre le fulminate, elle augmente très sensiblement l'effet utile du détonateur. C'est pour cette dernière raison que les détonateurs avec rondelle sont dénommés *détonateurs renforcés*. Dans les détonateurs simples, la surface du fulminate est nue, sans vernis. Le diamètre des tubes est d'environ 5 millimètres, et leur longueur varie suivant la charge; celle-ci peut atteindre 2 grammes, comme dans les capsules réglementaires militaires.

264. Amorces à dynamite pour fusées de mine.

Nos	DÉSIGNATION	CHARGE 00/00 DE FULMINATE DE MERCURE	LONGUEUR	DIAMÈTRE	PRIX DU MILLE
1	Simples	300 gr.	16 m/m	5,5 m/m	14
2	Doubles	400	22	"	18
3	Triples	540	26	"	22
4	Quadruples	650	30	"	25
5	Quintuples	800	30	"	27,5
6	Spéciales	1000	42	"	44
6bis	"	1250	44	"	49
7	"	1500	44	"	54
8	"	2000	52	"	66

Détonateurs de la Société française de munitions.

Nos	CHARGES 00/00	LONGUEUR	DIAMÈTRE INTÉRIEUR	POIDS MOYEN DU DÉTONATEUR CHARGÉ
1	250 gr.	16 m/m	5,5 m/m	1 gr. 17
1bis	350	27	"	1,42
2	500	27	"	1,67
2bis	500	29	"	1,77
3	750	29	"	2,02
4	1000	40	"	2,79
4bis	1250	42	"	3,09
5	1500	45	"	3,52
6	2000	52	"	4,47
7	2500	60	"	5,12
8	3000	70	"	5,80

Densité gravimétrique du fulminate pur = 1,6. Comprimé au fond des amorces sous une pression de 260 kg. par c², soit environ 60 kg. par amorce. La hauteur de la charge est réduite de moitié et la densité devient 2,8. La compression est suffisante pour que la charge ne se désagrège pas pendant le transport.

Les charges sont recouvertes d'un petit culot de cuivre rouge de 1/4 m/m d'épaisseur avec trou central de 2,5 à 3 mm.

La Société française fait des détonateurs de 9 mm. avec charges de 3 gr. à 5 gr. pour projectiles ou pour la détonation de quantités importantes d'explosifs.

Les amorces militaires ont de 1 ½ à 2 grammes de fulminate. On fait aussi usage de capsules électriques de tension ou de quantité.

Les détonateurs sont placés dans des boîtes en fer-blanc au nombre de 100, les ouvertures en haut. Les boîtes sont garnies de drap sur les fonds. Les vides sont remplis de sciure de bois fine.

Influence des amorces. — Elle est considérable.

M. Brzerowski donne les chiffres suivants pour les vides produits bloc de plomb avec 15 gr. de Westphalite et 15 gr. de Progress

Charges.	Force de la capsule.	Vides produits. Westphalite.	Progressite.
15 gr.	1	350	474
15 gr.	2	516	566
15 gr.	3	618	590

On constate ces variations avec tous les explosifs, mais elles sont plus ou moins considérables suivant leur composition. La force de l'amorce n'a évidemment pas d'influence sur la quantité de calories dégagées par l'explosif, mais bien sur la brisance.

Fulminate d'argent.

Formule : $C^2Az^2O^2Ag^2$.

265. — On dissout 1 partie d'argent métallique dans 10 parties d'acide nitrique ordinaire. Cette solution est versée dans 27 parties d'alcool à 85° Gay-Lussac. On chauffe jusqu'à légère ébullition, on éloigne du feu et la liqueur abandonne le fulminate. On le recueille sur filtre, on lave et on sèche.

Propriétés. — Le fulminate d'argent cristallise sous forme d'aiguilles blanches, à goût métallique prononcé. Il est vénéneux. Peu soluble dans l'eau froide, plus dans l'eau chaude. Il se dissout dans l'ammoniaque. Ce corps est bien plus sensible que le fulminate de mercure ; sec, il détone sous un faible frottement ou par un choc léger. Il ne faut le manier qu'à l'état humide. Il n'est pas employé dans les arts militaires. On en fabrique des bonbons à pétards, dits *cosaques*, formés d'un grain de fulminate d'argent qu'on fait détoner par le frottement d'une petite bande de papier de verre.

Ce fulminate donne aisément naissance à des fulminates doubles par l'action à froid des chlorures alcalins dissous.

Fulminate double d'argent et d'ammonium. — $C^2N^2O^2AgAm$.

En dissolvant le fulminate d'argent dans l'ammoniaque, on fait bouillir, il se dépose des grains blancs cristallins dont il faut se méfier ; ils détonent même sous l'eau.

Fulminate double d'argent et de baryum. — Très explosif.

Fulminate double d'argent et de potassium. — Action du KCl sur le fulminate d'argent.

Fulminates divers.

266. Fulminate de cuivre. — On fait bouillir le fulminate de mercure avec de l'eau et du cuivre.

Corps vert très explosif.

Ce fulminate donne également des fulminates doubles.

Fulminate de zinc. — Action du zinc en poudre sous l'eau sur le fulminate de mercure (1 p. fulminate, 2 p. de zinc, en agitant), on évapore le liquide et on obtient des tables rhombes très explosives (192°).

Ce fulminate donne facilement des sels doubles.

Ferrofulminate de sodium. — $(C = NO)^6 FeNa^4, 18H^2O$.

On ajoute à une solution de fulminate Na contenant un petit excès d'alcali, une solution de sulfate de fer.

Fulminate de sodium. — $C = NONa, H^2O$. On fait agir l'amalgame de sodium sur le fulminate de mercure en présence de l'eau. Corps très explosif, instable.

CHAPITRE II.

EXPLOSIFS DIVERS DE LA SÉRIE CYANIQUE.

—

Acide isocyanurique.

267. — *Synonyme :* Acide fulminurique $C^3Az^3O^3H^3$.

Il prend naissance quand on fait bouillir le fulminate de mercure fraîchement préparé avec de l'eau ou mieux avec un chlorure ou un iodure alcalin.

Préparation. — On chauffe à l'ébullition 60 à 75 grammes de fulminate de mercure fraîchement préparé, délayé dans 700 à 800 cc. d'eau et 60 cc. d'une solution de sel ammoniac, saturée à froid; après quelques minutes, il se sépare une poudre cristalline; quand la précipitation cesse, on ajoute au liquide de l'ammoniaque tant qu'il se forme un précipité; on filtre et on évapore à cristallisation. On lave les cristaux jaunes à l'eau, puis à l'alcool, et on cristallise dans l'eau à laquelle on ajoute du noir animal. Le sel ammoniacal est ensuite transformé par double décomposition en sel de plomb basique ou en sel d'argent qui, décomposé par l'hydrogène sulfuré, fournit l'acide isocyanurique.

La réaction entre l'acide fulminique et l'eau est donnée par la formule suivante :

$$2C^2Az^2O^2H^2 + H^2O = C^3Az^3H^3O^3 + CO^2 + AzH^3.$$

Propriétés. — C'est un corps soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther; chauffé à 145°, il se décompose avec une légère détonation.

C'est un acide monobasique qui fournit des isocyanurates explosifs; nous citerons entr'autres l'issocyanurate d'ammonium :

$$C^3Az^3O^3H^2(AzH^4).$$

Cyanodibromopicrine.

268. — *Synonyme :* Acétronitrile dibromonitré.

Formule : $C(AzO^2)Br^2,CAz$.

On traite par le brome le fulminate de mercure délayé dans l'eau ou l'isocyanurate de potassium en solution aqueuse; quand couleur du brome ne disparaît plus, on distille. Il passe avec vapeur d'eau une huile qui dépose un corps cristallisé, lequel insoluble dans l'eau. Sa solution alcoolique ou éthérée le lai se déposer en cristaux brillants bien formés. Il fond à 50° et bout en décomposant de 130 à 135°; mais, déjà à la température ordina re, il donne des vapeurs attaquant fortement les yeux. La vapeur dét ne quand on la surchauffe.

Trinitracétonitrile.

269. — *Formule :* $C(AzO^2)^3CAz$.

Nous rappelons que les nitriles $\begin{matrix} C \equiv N \\ C^nH^{2n+1} \end{matrix}$ sont des corps qui dérivent des sels ammoniacaux par perte de deux molécules d'eau et qui peuvent, par leur hydratation complète, reproduire les sels ammoniacaux primitifs :

$$\underset{\text{Propionate d'ammonium.}}{(C^3H^5O^2)AzH^4} = \underset{\text{Propionitrile.}}{C^3H^5Az} + 2H^2O;$$

$$\underset{\text{Acétate d'ammonium.}}{(C^2H^3O^2)AzH^4} = \underset{\text{Acetonitrile.}}{C^2H^3Az} + 2H^2O.$$

Préparation. — L'acide isocyanurique, traité par l'acide sulfonitrique (mélange d'acide azotique fumant et d'acide sulfurique à volumes égaux), se transforme en trinitracétonitrile.

On introduit peu à peu l'isocyanurate finement pulvérisé dans le mélange acide refroidi, contenu dans un petit ballon; il se sépare une couche d'un corps huileux plus léger que l'acide, dont une partie est entraînée par les gaz formés. Après avoir ajouté une

certaine quantité d'isocyanurate, on remplit le ballon d'acide sulfurique pour faire monter la couche huileuse dans le col, et on le plonge dans l'eau chaude jusqu'à ce que le liquide acide soit devenu clair. Par refroidissement, la couche supérieure se solidifie.

C'est une substance qui, chauffée brusquement à 220°, détone avec violence, avec production de flamme bleue. Elle ne détone ni par le choc ni par la pression.

Binitracétonitrile.

270. — $C(AzO^2)^2H,CAz$.

On fait passer de l'hydrogène sulfuré dans la solution de la trinitracétonitrile :

$$C(AzO^2)^3,CAz + 4H^2S = 4S + 2H^2O + C(AzO^2)^2AzH^4.CAz.$$

Pour isoler la binitracétonitrile de son sel ammoniacal, on ajoute à la solution aqueuse de l'acide sulfurique et l'on agite avec de l'éther : celui-ci laisse après évaporation un sirop qui dépose peu à peu des lames incolores.

Sel d'argent. — $C(AzO^2)^2Ag,CAz$.

Ce corps détone avec violence par le choc.

Nitroforme.

271. — *Synonyme :* Hydrure de méthyle trinitré : $C(AzO^2)^3H$.

On fait bouillir la trinitracétonitrile avec de l'eau :

$$C(AzO^2)^3CAz + 2H^2O = CO^2 + C(AzO^2)^3AzH^4.$$

(Sel ammoniacal du nitroforme.)

On évapore : il se dépose des cristaux du sel ammonium, qu'on traite par l'acide sulfurique concentré. Le nitroforme vient surnager sur la couche acide sous forme d'un liquide très fluide qui se solidifie sous 15° c. On purifie en faisant cristalliser plusieurs fois par refroidissement et en décantant la partie restée liquide.

C'est un corps qui cristallise en cubes fusibles à 15°, soluble dans eau en jaune foncé, à odeur très désagréable et à saveur amère.

Il s'altère à 100°, il est très inflammable; il détone violemment par une chauffe brusque.

Les sels de nitroforme $C(AzO^2)^3M'$ sont d'un beau jaune et incristallisables, ils détonent et se décomposent quelquefois spontanément.

Le sel de potassium s'obtient par l'action de la potasse caustique sur la trinitracétonitrile.

272. Analyse des mélanges fulminants. — F.-W. Jones et L.-A. Wilcox mettent à profit la propriété de l'acétone anhydre saturée d'ammoniaque de dissoudre le fulminate de mercure pour séparer cet explosif du chlorate de potassium et du sulfure d'antimoine. On laisse agir l'acétone ammoniacale sur le mélange placé dans un filtre. On élimine ensuite le chlorate par l'eau, et sulfure d'antimoine reste sur le filtre.

On peut enlever la matière hors des capsules en les comprimant doucement au moyen d'une pince, et prenant les précautions nécessaires pour se mettre à l'abri d'une explosion toujours possible.

273. Compositions fulminantes diverses pour détonateurs. On a proposé et appliqué dans ces dernières années un assez grand nombre de compositions destinées à remplacer le fulminate mercure dans les détonateurs.

1°	Mononitrocrésol	85
	Chlorate K	15
2°	Dinitrocrésol	72
	Chlorate K	23
3°	Trinitrocrésol ou résorcine	65
	Chlorate K	35
4°	Trinitronaphtaline	25
	Dinitronaphtol sulfonate de diamidophénol	10
	Sulfocyanure de mercure	10
	Chlorate K	35

(Westfälisch anhaltische sprengstoff actien gesellschaft.)

Führer emploie :

Nitrate d'ammonium	30-40
Chlorate K	42-25
Soufre	10-17
Aluminium	18-28

Explosif destiné à remplacer le fulminate de mercure (Société anonyme dynamite Nobel). — On fait passer un courant de C^2H^2 dans une solution saturée de nitrate d'argent contenant du chlorate de potassium.

Le *Dr Bielefeldt* a fait breveter (1901) un procédé consistant à remplacer totalement ou partiellement le fulminate de mercure par des nitrocombinaisons brisantes, notamment l'acide picrique, le nitrotoluène, la nitrocellulose, les gélatines explosives et les poudres à faible fumée et par des diazobrisants tels que le paranitrodiazobenzène. On peut employer ces nitro dérivés seuls ou en mélange avec le mercure fulminant. Il est avantageux de les employer mélangés avec du nitrate d'aluminium pour augmenter leur force de résistance contre le grisou.

Exemple : 1° 85 % acide picrique, 5 % $KClO^3$, 10 % nitrate Al.
2° 90 % paranitrodiazobenzène, 10 % nitrate Al.

Procédés d'amorçage.

274. — Pour amener la détonation des explosifs brisants, on fait usage de détonateurs introduits dans une cartouche et on y met le feu au moyen d'une mèche Bickford. On fait de préférence usage de détonateurs électriques, surtout dans les mines grisouteuses.

Amorçage d'une cartouche. — On fait usage de la mèche Bickford; celle-ci comprend une âme en pulvérin enveloppée d'étoupe et d'une ficelure; elle est blanche pour les terrains secs, goudronnée pour les terrains humides et recouverte de gutta-percha pour les mines sous l'eau. Ces mèches brûlent lentement avec une grande régularité à raison de 0^m70 environ par minute; comme cette quantité varie un peu d'une fabrique à l'autre, il faut essayer le temps de combustion d'un échantillon d'une longueur donnée (1 mètre) au moyen d'une montre à secondes.

On coupe un bout de mèche à longueur convenable; une des extrémités est coupée carrément au moyen d'un couteau ou d'une pince, l'autre est coupée obliquement en sifflet, afin de mettre une surface plus grande du canal fusant à nu. Le bout carré est introduit

à fond dans la capsule (vérifier si la capsule ne renferme pas du son ou de la sciure de bois de l'emballage), puis on fixe la capsule à la mèche en sertissant le tube au moyen d'une pince, d'une tenaille ou même des dents (ceci doit être défendu).

Le papier de la cartouche de dynamite est ouvert à un des bouts et on enfonce la capsule dans la pâte plastique, mais sans l'y noyer complètement : c'est là un point important. Une capsule enfoncée trop profondément donne lieu à un raté ou à une explosion atténuée ; on comprend que dans ce cas la dynamite prend feu par la mèche ; il se forme une couche de gaz entre la capsule et la matière explosive, le contact intime n'existe plus et le choc est amorti par le matelas gazeux, d'où raté ou explosion incomplète avec dégagement de gaz malsains.

La capsule étant mise en place, on rabat le papier et on le lie à la mèche afin qu'elle ne se dérange pas.

Pour le chargement d'une mine, on refoule la matière plastique dans le trou, sans même ouvrir le papier, au moyen d'un bourroir en bois ; il faut bourrer chaque cartouche ; le chargement fini, on place au-dessus une cartouche amorcée comme il a été dit ; on achève de remplir le trou avec du sable sec ou même de l'eau.

Ce bourrage à l'eau est excellent ; seulement il faut employer une mèche à la gutta-percha et paraffiner ou cirer le joint de la capsule. Il est naturellement dangereux de bourrer au-dessus de la capsule.

On peut amorcer au moyen d'une cartouche de poudre noire et d'une mèche sans capsule au fulminate. Il faut alors un fort bourrage au-dessus ; mais, nous l'avons dit, l'effet produit par l'explosion est moindre. Si la dynamite est gelée, on peut attacher la capsule sur le côté de la cartouche au moyen d'une ficelle.

Les explosifs qui ne sont pas plastiques tels que le coton-poudre en cartouches, tonite, etc., sont munis d'avance d'un trou pour recevoir la capsule.

La mèche Bickford, avec enveloppe de coton ou de gutta-percha, présente des dangers dans les mines grisouteuses. On écarte en partie le danger en fabriquant des mèches à enveloppes multiples en coton

ou en jute, rendues imperméables et incombustibles par addition d'asbeste, d'argile, etc., puis on allume la mèche dans un espace clos. Mais la sécurité n'est pas absolue. Par suite, l'emploi de la mèche doit être complètement interdit dans toutes les mines à grisou.

Dans le cas d'amorçage d'explosifs qui prennent difficilement feu par un corps en ignition, tels sont les explosifs Favier, il n'y a aucun inconvénient à noyer le détonateur dans la masse de la cartouche.

Afin d'éviter l'emploi de la mèche dans les mines grisouteuses, on peut faire usage d'amorces mécaniques à percussion, à friction ou à la chaux.

Amorce Tirmann. — Elle a la forme extérieure d'une étoupille d'artillerie avec détonateur à une extrémité. Dans le tube est un percuteur à aiguille muni d'un ressort à boudin. Un fil de cuivre muni d'un œillet sort de la tête de l'étoupille et est attaché au crochet d'une longue corde de 30 à 50 mètres sur laquelle on opère une traction énergique. Le ressort se bande, puis déclanche et projette le percuteur contre le détonateur.

L'expérience a prouvé que ces amorces marchent d'une façon très satisfaisante. Les ratés sont en faible proportion.

Amorces de friction. — Elles sont tout à fait semblables aux étoupilles à friction de l'artillerie; le bout est muni d'un détonateur.

Amorce à la chaux Jarolimek. — On utilise la chaleur de combinaison de la chaux anhydre et de l'eau. On comprime de la chaux vive pulvérisée à la presse sous forme de petite cartouche cylindro-conique. On creuse d'une cavité pour recevoir une capsule spéciale chargée d'un explosif s'allumant à basse température (100°-120°).

Chlorate de potassium	50
Sulfocyanate de mercure	50

Cette capsule est emboîtée par son bout ouvert dans un détonateur au fulminate de mercure. Dès qu'on mouille le cône de chaux, l'inflammation se produit. On peut régler le moment du départ du coup en coiffant le cône de chaux d'une enveloppe d'étain ou de plomb qu'on découvre plus ou moins. Suivant l'importance de la surface découverte, l'explosion se produit plus ou moins vite.

Le cône de chaux, avec le détonateur qui est en saillie, est monté sur une cartouche-amorce et on recouvre le tout d'un tissu perméable.

276. Détonateurs électriques. — Ils sont de deux espèces : 1° les amorces de quantité; 2° les amorces de tension. On peut faire des amorces mixtes.

Les premières demandent un courant continu : un fil mince de platine rougit dans une mixture explosive (coton-poudre, etc.) qui met le feu au fulminate.

Les secondes utilisent l'étincelle d'induction.

Pour mettre le feu, on fait usage de piles et plus simplement d'exploseurs : coup de poing Bréguet, exploseur Bornhardt, etc.

Dans le cas de matières propageant difficilement l'onde explosive, il est bon de multiplier les détonateurs et de les relier à un même circuit.

277. Tubes et cordeaux détonants. — On peut aussi faire usage de cordeaux pour transmettre instantanément le feu aux charges de dynamite et autres explosifs. Ce sont des tubes de plomb ou d'étain remplis de coton-poudre pulvérulent (nitrohydrocellulose), puis réduits par un étirage à un faible diamètre (4^{mm} de diamètre extérieur, 2^{mm} intérieur). On peut amorcer l'extrémité de ce tube au moyen d'une capsule au fulminate de mercure, l'autre extrémité plonge dans la charge à faire détoner. La transmission se fait avec une très grande rapidité (4060^{m} par seconde en moyenne). Les cordeaux peuvent avoir une très grande longueur; ils peuvent être ramifiés et former des dérivations en nombre illimité, susceptibles de faire détoner une série de charges simultanément (*Mémorial des poudres et salpêtres*, tome II, page 36).

Ces tubes sont aussi chargés de nitromannite.

Lorsqu'on met le feu à un tube par l'approche d'un corps en ignition, la combustion s'arrête bientôt.

L'enveloppe de cordeaux détonants peut être analogue à celle des mèches du sûreté Bickford.

Le général Hess remplit le tube de fulminate de mercure.

Nobel emploie la gélatine explosive camphrée additionnée de 70 p. de chlorate de potassium, 25 p. de ferrocyanure de potassium et 44 p. de nitrocellulose.

QUATRIÈME PARTIE.

Les explosifs chimiques.

SECTION I.

Corps explosifs provenant des hydrocarbures et de leurs dérivés de la série grasse par substitutions nitrées.

CHAPITRE I.

DÉRIVÉS NITRÉS DES HYDROCARBURES ALIPHATIQUES.

278. — Les corps nitrés de la série grasse sont extrêmement nombreux, et ils constituent des substances explosibles de la plus haute importance. Ils forment ce qu'on appelle vulgairement les *explosifs chimiques*, et ils sont remarquables par leur violence, leurs effets énormes de rupture et les applications militaires et industrielles dont ils sont susceptibles.

Si l'on considère le premier terme de la série des hydrocarbures saturés (dont la formule générale est C^nH^{2n+2}), le gaz des marais ou méthane CH^4, on peut y remplacer tous les atomes d'hydrogène par le radical AzO^2 (azotyle).

On connaît ainsi :

Le mononitrométhane	$CH^3(AzO^2)$
Le binitrométhane	$CH^2(AzO^2)^2$
Le nitroforme	$CH(AzO^2)^3$
Le tétranitrométhane	$C(AzO^2)^4$

En général :

$$C^nH^{2n+2} + \alpha NO^3H = C^nH^{n-\alpha}(NO^2)^\alpha + \alpha H^2O.$$
$$\alpha = 1, 2, 3, 4.$$

Ces substitutions s'obtiennent par l'action des éthers iodhydriques sur l'azotite d'argent et opérant en dissolution alcoolique.

$$C^2H^5.I + NO^2Ag = AgI + \underset{\text{nitro ethane.}}{C^2H^5.NO^2}.$$

M. Konovaloff est parvenu à combiner directement NO^2 dans la série du méthane. Il était généralement admis que dans les hydrocarbures de la série du méthane on ne pouvait remplacer directement un atome H par NO^2.

Cette propriété des hydrocarbures aliphatiques a été jusqu'ici généralement regardée comme caractéristique et les distinguant des hydrocarbures aromatiques.

En chauffant en tubes scellés l'hexane normal avec NO^3H (D = 1.075) à la température de 130°-140°, M. Konovaloff a obtenu 50 °/₀ de la quantité théorique du nitrohexane brut. On l'isole par distillation fractionnée.

Worstall a reconnu que l'acide nitrique fumant ou dilué (D = 1.15-1.32) transforme complètement les carbures paraffiniques en dérivés nitrés lorsqu'on soumet le mélange à une ébullition suffisamment prolongée. Il se forme en même temps une certaine quantité de produits d'oxydation.

La réaction doit être effectuée de préférence avec l'acide nitrique fumant; on sépare ensuite les produits par un entraînement à la vapeur d'eau.

L'hexane normal fournit dans ces conditions :

1° Un nitrohexane primaire $C^6H^{13}NO^2$ bouillant à 180-183° qui donne une coloration rouge lorsqu'on la traite successivement par KHO, $NaNO^2$ et SO^4H^2. C'est un liquide jaune clair, insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis avec une coloration rouge.

2° Un dinitrohexane $C^6H^{12}(NO^2)^2$ sous la forme d'un liquide jaune, non volatil, soluble dans les alcalis en rouge foncé.

Avec l'heptane normal on obtient :

1° Un nitroheptane primaire $C^7H^{15}.NO^2$ sous la forme d'un liquide jaune bouillant à 193-196°.

2° Un dinitroheptane, $C^7H^{14}(NO^2)^2$, non volatil.

Ce corps est coloré en rouge par les alcalis.

C'est un liquide jaunâtre peu soluble dans l'eau, doué d'une odeur éthérée.

Le nitrooctane primaire, $C^8H^{17}NO^2$, obtenu par le même procédé, constitue un liquide jaune analogue aux précédents. Il bout vers 205-210°.

Le dinitrooctane, $C^8H^{16}(NO^2)^2$, est également un liquide plus dense que l'eau. Il se dissout en rouge foncé dans les alcalis.

Ces substitutions nitrées sont peu explosives.

279. Action des alcalis sur le nitrométhane. — L'ammoniaque fournit les meilleurs résultats pour l'étude des produits de la réaction. Le composé principal correspond à la formule $C^2H^3O^3.N^2.NH^4$.

C'est le méthazonate d'ammonium : chauffé, il donne CNH. Il fournit des sels explosifs. On sépare l'acide libre en traitant le sel ammoniacal par l'acide sulfurique et extrayant à l'éther. Il fond entre 60-70° avec décomposition explosive à 110°.

280. Nitroéthane sodé. — Les nitroéthanes, sous l'influence du sodium, donnent des substitutions métalliques :

$$2C^2H^5.NO^2 + Na^2 = H^2 + 2C^2H^4.Na.NO^2 \text{ (nitroéthane sodé).}$$

On dilue dans l'éther ordinaire du nitroéthane, on ajoute en solution alcoolique le corps résultant de l'action du sodium sur l'alcool. Le précipité formé est lavé à l'éther, desséché sous cloche à basse température.

Ce composé est anhydre et possède une grande force explosive.

Le dérivé potassique est également très explosif.

Ces corps sont solubles dans l'eau, mais la solution s'altère.

Le dérivé sodé du nitroéthane se colore en rouge-sang par le chlorure ferrique et en vert foncé par le sulfate de cuivre.

281. — On peut obtenir des substitutions simultanées, nitrées, **chlorées**, iodées, bromées telles que :

$CH^2Cl(AzO^2)$	$CH^2Br(AzO^2)$	$CHClBr(AzO^2)$
$CHCl(AzO^2)^2$	$CHBr(AzO^2)^2$	$CClBr(AzO^2)^2$
$CCl(AzO^2)^3$	$CBr(AzO^2)^3$	.....
$CCl^2(AzO^2)^2$	$CBr^2(AzO^2)^2$	$CH^2I(AzO^2)$
		Etc., etc.

Toutes ces substitutions sont plus ou moins explosives.

Nitroforme = formène trinitré — $CH(AzO^2)^3$.

Nous avons eu l'occasion de l'étudier.

Formène bromonitré. — $C(AzO^2)^3Br$, on l'obtient par l'action du brome sur le nitroforme.

Formène tétranitré. — $C(AzO^2)^4$, on l'obtient par l'action de l'acide azotique sur le nitroforme.

C'est un liquide plus stable que le nitroforme; il ne détone pas par la chaleur brusque; il se décompose avec dégagement de vapeurs nitreuses.

Bromo picrine. — On traite le nitrométhane $CH^3(AzO^2)$ par le brome en excès, on ajoute peu à peu de la potasse étendue au mélange.

Liquide qui, chauffé brusquement, détone à 100°.

CHAPITRE II.

ÉTHERS NITRIQUES DES ALCOOLS MONOVALENTS.

282. Dans les corps explosifs provenant des dérivés des hydrocarbures, il y a lieu de distinguer deux grandes classes de produits nitrés; les uns sont de véritables éthers nitriques décomposables par les alcalis avec régénération d'alcool et d'acide azotique, les autres ne se décomposent pas d'une façon nette sous l'influence des alcalis de manière à reproduire les corps primitifs mis en présence.

Faisons agir de l'acide azotique sur un alcool; la réaction est donnée par la formule générale :

$$O \left\{ \begin{matrix} C^nH^{2n+1} \\ H \end{matrix} \right. + AzO^3H = O \left\{ \begin{matrix} C^nH^{2n+1} \\ AzO^2 \end{matrix} \right. + H^2O.$$

On peut écrire :

$C^nH^{2n+1}, OH + AzO^3H = C^nH^{2n+1}, OAzO^2 + H^2O.$

Prenons un phénol :

$C^nH^{2n-7} OH + 3AzO^3H = C^nH^{2n-10} (AzO^2)^3, OH + 2H^2O.$

Les deux équations sont pareilles, avec mise en liberté d'eau; seulement, la constitution intime des deux substances obtenues est différente; dans le premier cas, la substitution nitrée se fait dans le radical oxhydrile, et l'on a un véritable *éther nitrique;* dans le second cas, elle s'opère dans la chaîne principale; on a un *corps nitré*.

Les éthers nitriques possèdent une propriété caractéristique, c'est de reproduire l'alcool et l'acide générateurs, sous l'action prolongée de l'eau et des alcalis étendus. Il n'en est pas de même des corps nitrés.

Les éthers azotiques sont également décomposés par les corps

réducteurs qui reproduisent l'alcool primitif; les corps nitrés, sous cette même influence, donnent des alcalis organiques.

La chaleur dégagée par l'introduction de la molécule AzO^2 dans un alcool proprement dit est, en moyenne, de 5 à 6 calories par molécule du radical substitué; elle est beaucoup plus considérable dans la réaction entre l'acide azotique et les hydrocarbures aromatiques, où elle atteint 36 calories.

D'après cela, on voit que l'énergie du système formé dans le premier cas est plus grande que celle du système formé dans le deuxième, l'union de la matière organique avec l'acide nitrique ayant dégagé moins de chaleur; on comprend, par cela, l'instabilité plus grande des éthers nitriques.

Éthers azotiques des alcools proprement dits.

283. Nous rappellerons que l'on obtient un alcool chaque fois qu'on remplace, dans un hydrocarbure saturé, un ou plusieurs atomes d'hydrogène par autant de radicaux OH (oxhydrile).

C^nH^{2n+2} : hydrocarbure saturé.

$C^nH^{2n+2-\alpha}(OH)^\alpha$: alcool ou $O^\alpha \left\{ \begin{array}{l} C^nH^{2n+2-\alpha} \\ H^\alpha \end{array} \right.$

Voici, par exemple, l'hydrure de propyle :

C^3H^8, qui donne :

C^3H^7,OH. Alcool propylique qu'on peut écrire $O \left\{ \begin{array}{l} C^3H^7 \\ H \end{array} \right.$

$C^3H^6(OH)^2$. Glycol propylique " " $O^2 \left\{ \begin{array}{l} C^3H^6 \\ H^2 \end{array} \right.$

$C^3H^5(OH)^3$. Glycérine " " $O^3 \left\{ \begin{array}{l} C^3H^5 \\ H^3 \end{array} \right.$

Les alcools sont mono, di, tri ... polyatomiques, selon qu'ils renferment un, deux, trois ... plusieurs radicaux OH. On connaît les alcools mono-di-tri-tétra-penta et hexatomiques.

Les alcools diatomiques sont appelés *glycols*, les triatomiques sont nommés *glycérines*.

Alcools monovalents (Monols).
" bi " (Glycols ou diols).
" tri " (Glycérines ou triols).
" tétra " (Erythrols ou tétrols).
" penta " (Pentols).
" hexa " (Mannitols ou hexols).

Les éthers dérivent des alcools; en remplaçant l'hydrogène du radical OH par le radical alcoolique, on obtient un éther simple, à chaque alcool, correspond un éther.

$$O\begin{cases} C^nH^{2n+1} \\ H \end{cases} \qquad O\begin{cases} C^nH^{2n+1} \\ C^nH^{2n+1} \end{cases}$$

Alcool. Éther.

Lorsque l'hydrogène du radical OH est remplacé par le radical AzO^2 (nitrile), on obtient les éthers nitriques :

$$O\begin{cases} C^nH^{2n+1} \\ H \end{cases} \qquad O\begin{cases} C^nH^{2n+1} \\ AzO^2 \end{cases} \qquad O^2\begin{cases} C^nH^{2n} \\ (AzO^2)^2 \end{cases} \qquad O^3\begin{cases} C^nH^{2n-1} \\ (AzO^2)^3 \end{cases}$$

Alcool. Éther nitrique. Glycol nitrique. Glycérine nitrique.

On peut écrire la formule générale des éthers nitriques comme suit :

$$O^\alpha\begin{cases} C^nH^{2n+2-\alpha} \\ (AzO^2)^\alpha \end{cases} \qquad \begin{array}{l} \alpha = 1 \text{ éther nitrique.} \\ \alpha = 2 \text{ glycol diazotique.} \\ \alpha = 3 \text{ nitroglycérine.} \end{array}$$

Chaleurs de formation des éthers nitriques en général.

Soit l'équation :

$$\text{Alcool} + nAzO^3H = \text{éther nitrique} + nH^2O.$$

La réaction dégage 5 calories pour 1 molécule d'acide nitrique fixée. Soient :

v la chaleur inconnue de formation de l'éther,
a " de formation de l'alcool,

sait que la chaleur de formation de l'acide nitrique est 41,6 et le de l'eau 69 ; on a donc

$$x + 69n - a - 41,6n = 5n$$
$$x = a - 22,4n \text{ (eau liquide).}$$

La chaleur de formation de l'éther nitrique est moindre que celle e l'alcool générateur. Pour les corps nitrés, le contraire a lieu.

Éthers nitriques des alcools monovalents.

285. Formule générale : $O \begin{cases} C^nH^{2n+1} \\ AzO^2 \end{cases}$

Rappelons les noms de quelques hydrocarbures saturés, contenant les radicaux dits de la série grasse.

CH^4	$= CH^3H$	hydrure de	méthyle (méthane)
C^2H^6	$= C^2H^5H$	"	éthyle (éthane)
C^3H^8	$= C^3H^7H$	"	propyle (propane)
C^4H^{10}	$= C^4H^9H$	"	butyle (butane)
C^5H^{12}	$= C^5H^{11}H$	"	amyle (pentane)
C^6H^{14}	$= C^6H^{13}H$	"	hexyle ou caproïle (hexane)
C^7H^{16}	$= C^7H^{15}H$	"	heptyle ou œnantyle (heptane).

Éther méthylazotique.

286. *Synonyme :* Azotate de méthyle $O \begin{cases} CH^3 \\ AzO^2 \end{cases} = AzO^3.\ CH^3.$

Poids moléculaire : 77.

Préparation.

$$\underset{\text{Alcool methylique esprit de bois.}}{CH^3.\ OH} + AzO^3H = CH^3.\ O.\ AzO^2 + H^2O.$$

On met dans une cornue 50 grammes de salpêtre pulvérisé et on y ajoute un mélange de 100 grammes d'acide sulfurique et de 60 grammes d'esprit de bois. La réaction s'accomplit d'elle-même et il se condense dans le récipient refroidi une couche éthérée, qu'on

distille au bain-marie et à plusieurs reprises, sur un mélange de massicot et de chlorure de calcium en recueillant ce qui passe à 66°. On peut aussi faire un mélange sulfonitrique identique à celui employé pour la nitroglycérine et agir avec les mêmes précautions.

PROPRIÉTÉS. — C'est un corps liquide incolore, d'une odeur faible et éthérée, d'une densité de 1,182 à 15°; il bout à 60°, sa vapeur surchauffée détone avec violence. Il brûle avec une flamme jaune. La potasse caustique le décompose facilement en azotate de potassium et en alcool méthylique :

$$CH^3.OAzO^2 + KHO = CH^3.OH + AzO^3K.$$

Cet éther se décompose d'après la formule suivante :

$$CH^3.OAzO^2 = 1,5H^2O + 0,5CO^2 + 0,5CO + 0,5Az^2$$

(combustion incomplète).

$m = 77$	$V_m = 66,97$ litres.
$Q_{mp} = 107,600$ (k . d)	$V_k = 869,61$ id.
$Q_{mv} = 109,317$ (k . d)	$t = 2809°$.
$Q_{kp} = 1387,400$ (k . d)	$f = 10511$ kilog.
$Q_{kv} = 1419,701$ (k . d)	$\alpha = 0,869$
$W = 603372$ kilogrammètres	

Les chiffres précédents indiquent que cet explosif est très puissa[illegible] et qu'il se rapproche, sous ce rapport, de la nitroglycérine. Détona[illegible] dans son propre volume, le nitrate de méthyle développe envir[illegible] 10600 kg. de pression.

Éther éthylnitrique.

287. *Synonyme :* Azotate d'éthyle $O\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\AzO^2\end{matrix}\right. = AzO^3.C^2H^5.$

Poids moléculaire : 91.

PRÉPARATION :

$$C^2H^5.OH + AzO^3H = C^2H^5.O.AzO^2 + H^2O.$$

1° On fait agir un mélange bien refroidi de 2 parties d'acide

sulfurique et de 1 partie d'alcool, sur un mélange également bien refroidi de 2 parties d'acide sulfurique et de 1 partie d'acide azotique monohydraté. On verse lentement le mélange sulfo-alcoolique dans le mélange sulfo-nitrique.

2° On mélange 3 volumes d'acide sulfurique et 1 volume d'acide nitrique (D = 1,36). On refroidit bien et on y verse peu à peu $\frac{1}{50}$ volume d'alcool en agitant constamment.

3° Voici une troisième méthode qui permet d'obtenir de grandes quantités d'éther éthylnitrique. Dans une cornue on verse 400 gr. d'acide azotique monohydraté pur, puis 15 grammes de nitrate d'urée, enfin 300 grammes d'alcool absolu additionné de 100 grammes de nitrate d'urée, on distille la moitié à la vapeur d'eau. On ajoute alors la même quantité d'acide et d'alcool et on distille à nouveau. La température de distillation ne doit pas dépasser 85° c.; on peut distiller dans le vide. Les 100 grammes de nitrate d'urée suffisent pour 6 ou 7 kilogrammes d'éther. Si l'on observait cependant des vapeurs rouges, il faudrait réajouter du nitrate d'urée. La chaleur dégagée par la réaction est 6,2 cal.

Quelle que soit la méthode employée, il faut éviter avec soin toute élévation de température.

Propriétés. — C'est un corps liquide, incolore, d'une densité de 1,132 à 0° et 1,112 à 17°; il bout à 85°, il possède une odeur très agréable, une saveur sucrée avec arrière-goût amer; il est insoluble dans l'eau et se mélange en toutes proportions avec l'alcool et l'éther. Il brûle avec une flamme blanche. Sa vapeur surchauffée détone avec violence. L'éther nitrique peut être distillé très régulièrement, seulement il faut éviter toute surchauffe locale. Au contact d'une flamme ou même d'une température voisine de 300°, il détone avec violence.

Chaleur de formation depuis les éléments : 49,3 pour 1 molécule.

Force de la matière. — La décomposition se fait d'après la formule :

$$C^2H^5AzO^3 = 2CO + H^2O + 0{,}5Az^2 + 1{,}5H^2 \text{ (combustion incomplète).}$$

$m = 91.$

$Q_{mp} = (2 \times 25,8 + 1 \times 58,2) - 49,3 = 60,5$ cal.

$Q_{mv} = 60,5 + 0,5424(2 + 1 + 0,5 + 1,5) + 0,002(2 + 1 + 0,5 + 1,5)15 = 63,36$ cal.

$Q_{kp} = 60,5 \times \frac{1000}{91} = 664,83$ cal.

$Q_{kv} = 63,63 \times \frac{1000}{91} = 696,28$ cal.

$W = 696,28 \times 425 = 295918$ kgm.

$V_m = (2 + 1 + 0,5 + 1,5)\, 22,32 = 111,60$ l.

$V_k = 111,69 \times \frac{1000}{91} = 1226,373$ l.

$$t = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4bQ_{mv}}}{2b} = 1805^\circ.$$

$a = 2 \times 4,8 + 5,61 + (0,5 + 1,5)4,8 = 24,81.$

$b = 2 \times 0,0006 + 0,0033 + (0,5 + 1,5)0,0006 = 0,0057.$

$$f = \frac{1033 + 111600(273 + 1805 + 15)}{273 \times 91} = 9712,470 \text{ kg}.$$

$$\alpha = \frac{111600}{1000 \times 93} = 1,2.$$

Hypoazotite d'éthyle.

288. $(C^2H^5)^2Az^2O^2$. — On étend l'iodure d'éthyle avec de l'éther et on fait agir de l'hypoazotite d'argent mêlé de sable.

C'est un corps qui détone avec la plus grande facilité. Sa fragilité est aussi grande que celle du chlorure d'azote.

Éther amylnitrique.

289. — *Synonyme :* Azotate d'amyle $O\left\langle\begin{matrix} C^5H^{11} \\ AzO^2 \end{matrix}\right. = (AzO^3, C^5H^{11})$.

Préparation. — On agite, dans une cornue spacieuse, 30 gr. d'acide sulfurique concentré, 10 gr. d'acide azotique ordinaire et 10 gr. de nitrate d'urée. On ajoute 40 gr. d'alcool amylique et l'on chauffe peu à peu. On ajoute de l'eau au produit distillé, on décante la couche supérieure et on distille. Après plusieurs distillations du produit, qui bout vers 148°, on obtient une huile incolore.

On peut encore l'obtenir par l'action d'un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique sur l'alcool amylique.

Propriétés. — Huile incolore, d'une odeur rappelant celle des punaises, saveur sucrée et brûlante, d'une densité égale à 0,994

à 10° ; elle bout à 148°, mais avec décomposition partielle ; sa vapeur surchauffée détone. Soluble dans l'alcool et l'éther dont elle peut être précipitée par l'eau.

La potasse alcoolique la décompose en nitrate de potassium et alcool amylique.

La décomposition se fait d'après la formule :

$$AzO^3 . C^5H^{11} = 2,5\,CO + 0,5\,H^2O + 5H^2 + 0,5\,Az^2 + 1,25\,C^2.$$

CHAPITRE III.

ÉTHERS NITRIQUES DES ALCOOLS BIVALENTS (GLYCOLS OU DIOLS).

290. — Les glycols ont comme formule générale :

$$O^2 \left\{ \begin{array}{l} C^nH^{2n} \\ H^2 \end{array} \right. = C^nH^{2n}(OH)^2.$$

On connaît les glycols suivants :

L'éthylglycol	$C^2H^6O^2$.
Le propylglycol	$C^3H^8O^2$.
Le butylglycol	$C^4H^{10}O^2$.
L'amylglycol	$C^5H^{12}O^2$.
L'hexylglycol	$C^6H^{14}O^2$.
Le caprylglycol	$C^8H^{18}O^2$.

Les glycols peuvent donner naissance à deux séries d'éthers, selon qu'on remplace l'un des hydroxyles ou les deux à la fois.

Éther glycol diazotique.

291. — *Formule :* $C^2H^4O^2(AzO^2)^2$: Poids moléculaire 152.

PRÉPARATION :

$$O^2 \left\{ \begin{array}{l} C^2H^4 \\ H^2 \end{array} \right. + 2\,AzO^3H = O^2 \left\{ \begin{array}{l} C^2H^4 \\ (AzO^2)^2 \end{array} \right. + 2H^2O.$$

On introduit peu à peu du glycol dans un mélange refroidi d'acide nitrique monohydraté (1 partie) et d'acide sulfurique concentré (3 p.).

Propriétés. — Huile incolore, épaisse, d'une densité égale à 1,48; elle est insoluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et l'éther; elle détone par le choc. Elle s'enflamme avant d'entrer en ébullition. La saveur est douceâtre et désagréable. Ce corps est très vénéneux.

Force de la matière. — La décomposition se fait d'après la formule :

$$C^2H^4(AzO^2)^2O^2 = 2CO^2 + 2H^2O + Az^2.$$

Contrairement aux éthers précédents, celui-ci est à combustion complète.

m	=	152	V_m	=	111,6 l.
Q_{mp}	=	237,500	V_k	=	734,21 l.
Q_{mv}	=	240,362	t	=	3196°
Q_{kp}	=	1562,500	f	=	9676 kg.
Q_{kv}	=	1581,328	α	=	0,734
W	=	672064			

D'après cela, c'est un explosif de la plus grande énergie.

CHAPITRE IV.

ÉTHERS NITRIQUES DES ALCOOLS TRIVALENTS (TRIOLS).

—

§ 1. — NITROGLYCERINE.

Glonoïne, trinitrine, triazotine, azotate de glycéryle.

292. — La glycérine a pour formule : $O^3 \left\{ \begin{matrix} C^3H^5 \\ H^3 \end{matrix} \right.$ qui donn

trinitroglycérine : $O^3 \left\{ \begin{matrix} C^3H^5 \\ (AzO^2)^3 \end{matrix} \right.$ (*)

$$\begin{matrix} CH^2.OH \\ | \\ CH.OH \\ | \\ CH^2.OH \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH^2.O.NO^2 \\ | \\ CH.O.NO^2 \\ | \\ CH^2.O.NO^2 \end{matrix}$$

Glycérine. Trinitroglycérine.

La nitroglycérine fut découverte en 1847, par le chimiste ita Arcanio Sobrero, mais ce ne fut qu'en 1863 qu'un Suéc Alfred Nobel, la fabriqua en grand sous le nom de *Nobel's Spren* pour l'employer dans l'industrie comme explosif de mine.

PRÉPARATION. — On la prépare en versant de la glycérine c un mélange froid d'acide sulfurique et d'acide azotique.

$$\underset{100}{C^3H^5(OH)^3} + \underset{205}{3AzO^3H} = \underset{246}{C^3H^5(O.\,AzO^2)^3} + 3H^2O.$$

Sobrero préparait la nitroglycérine en faisant couler lenten de la glycérine dans un mélange refroidi et fortement agité, 2 parties d'acide sulfurique à 66° B. et 1 partie d'acide azotique d' densité de 1,5, jusqu'à moitié du volume des acides; puis il ver

(*) Il existe une dinitroglycérine et une mononitroglycérine dont nous fe l'étude plus loin.

le tout immédiatement dans 15 à 20 volumes d'eau froide. La nitroglycérine précipitée au fond était lavée jusqu'à neutralité parfaite, puis séchée dans le vide.

Kopp indique le mélange :

2200 gr. d'acide sulfurique; 1100 gr. d'acide azotique; 500 gr. de glycérine.

Voici comment on prépare une certaine quantité de nitroglycérine dans les laboratoires.

Dans un vase à précipités d'un litre à parois épaisses, on fait le mélange de :

Acide sulfurique à 66° B	220 grammes.
Acide azotique à 48° B	110 id. [1]

Le vase est plongé dans un mélange réfrigérent (composé de sulfate de sodium et d'acide chlorhydrique). Lorsque l'acide sulfo-nitrique est arrivé à la température de + 12° c. (la température doit rester dans les limites de 12° à 30° c.), on laisse couler goutte à goutte, en agitant constamment avec un thermomètre, 50 grammes de glycérine pure. La température du mélange monte peu à peu; il faut cesser l'addition de glycérine dès que le thermomètre indique 30° c. et laisser refroidir avant de poursuivre l'opération, sinon la glycérine peut se décomposer en donnant naissance à des torrents de vapeurs rutilantes. Si des vapeurs rouges venaient à apparaître, il faudrait sans tarder jeter le tout dans une terrine remplie d'eau froide, qui doit toujours être placée à côté de l'opérateur.

Toute la glycérine ayant été employée, on verse le liquide par filet mince dans un grand vase conique renfermant 4 à 5 litres d'eau froide et on remue sans cesse. La nitroglycérine se précipite au fond du vase sous la forme d'un liquide laiteux. L'eau, devenue claire, est aussitôt décantée et remplacée par de l'eau pure; on agite par bar-

[1] La nitrification par l'acide nitrique concentré donne la trinitroglycérine. Mais la nitrification au moyen d'un acide dilué ou par une glycérine en excès donne naissance à de la mono et à de la binitroglycérine qui sont solubles dans l'eau et disparaissent aux lavages et le rendement en trinitro est fortement abaissé.

botement d'air au moyen d'une trompe; on lave ainsi à plusieurs eaux jusqu'à neutralité parfaite, ce qui demande un temps assez long.

Enfin, la nitroglycérine opalescente est versée dans un flacon où elle va s'éclaircir par le repos; on peut hâter l'éclaircissement par le vide sec. Quelques grains de carbonate de potassium sec l'éclaircissent presque instantanément. La chaleur dégagée par la réaction est de 14,7 calories ou 4,9, par molécule d'acide azotique. Ce chiffre est un peu plus faible que celui de l'éther azotique (6,2). On voit que la glycérine et l'acide nitrique ont perdu peu de leur énergie par leur combinaison, ce qui explique la grande force de la nitroglycérine.

293. Fabrication industrielle. — Les matières sont :

1° L'acide sulfurique à 66° B (Densité 1,840 à 1,843).

2° L'acide nitrique à 49° B (Densité 1,50). Cet acide doit être blanc ou tout au plus jaune; le rouge est dangereux et doit être défendu.

3° La glycérine d'une densité de 1,260 à 1,264; elle doit être incolore ou tout au plus jaunâtre (voir les essais plus loin).

On comprend que de la glycérine impure peut produire avec l'acide nitrique des oxydations énergiques et des élévations de température anormales.

L'acide sulfurique et la glycérine sont achetés dans le commerce. Quant à l'acide nitrique, plusieurs fabriques de dynamite le préparent actuellement sur place, par réaction de l'acide sulfurique sur le nitrate de sodium. Au lieu d'employer de l'acide sulfurique neuf, on fait agir sur le nitrate de sodium les vieux acides récupérés. L'acide nitrique des acides récupérés passe à la distillation avec celui de la réaction.

Pour la fabrication de la nitroglycérine en grand, on prépare un mélange de 650 kg. d'acide nitrique et 1300 kg. d'acide sulfurique; on laisse refroidir pendant la nuit. Le lendemain, l'acide sulfo-nitrique est versé dans l'appareil à nitroglycérine. On introduit 300 kg. de glycérine. Dans beaucoup d'usines on ne traite que 150 kg. et même 50 kg.

L'appareil de nitrification se compose essentiellement d'une grande cuve cylindrique en plomb. Dans celle-ci se trouvent deux serpentins en plomb soutenus par une cage en fer recouverte de plomb. Ces

serpentins sont parcourus par un courant d'eau froide pour combattre l'élévation de température due à la réaction.

L'agitation de la masse liquide s'obtient par barbotement d'air, qui, outre le mélange parfait qu'il produit, refroidit encore le bain. On fait usage de plusieurs injecteurs d'air.

Au lieu du barbotement d'air on a proposé l'injection d'acide carbonique liquide quand l'eau des serpentins n'est pas assez froide. Mais il arrive que le CO^2 en barbotant abaisse trop la température et gèle même la nitroglycérine. On pourrait avoir des bouteilles à acide carbonique liquide en réserve en cas d'élévation brusque de température.

Les serpentins sont parfois la cause d'explosion en cas de fuite, avec l'élévation de température que l'accident peut amener par l'action de l'eau sur les acides concentrés.

La cuve est hermétiquement close par un chapeau tronconique en plomb muni d'une petite fenêtre près du distributeur de glycérine. Le chapeau est percé de plusieurs ouvertures pour l'introduction de la glycérine, pour le passage de thermomètres à longues tiges, dont les boules sont placées à différentes hauteurs dans le liquide. Un gros tube en plomb, muni d'un cylindre de verre, sert à évacuer hors de la cuve et hors de l'atelier l'air qui a barboté et qui est chargé de vapeurs nitreuses. Le cylindre de verre qui interrompt le tube en plomb sert à surveiller la nature des vapeurs qui sortent de la cuve. Si elles devenaient rouges, signe de la décomposition de la nitroglycérine, il faudrait immédiatement noyer la masse en réaction dans une cuve de sûreté.

La glycérine est placée dans un réservoir à un niveau plus élevé que la cuve. Elle est maintenue à une température de 20° c. environ afin qu'elle reste bien fluide et coule facilement.

La glycérine est évacuée du réservoir dans une petite caisse placée sur le bord du chapeau de la cuve de nitrification, de là elle s'écoule dans le mélange acide au moyen d'un système de cinq ajutages. L'ensemble constitue le distributeur de glycérine. Des robinets permettent de régler la quantité de glycérine distribuée; la clef ne quitte pas la main de l'ouvrier pendant toute la durée de l'opération.

Dans le bas de la cuve se trouve un gros robinet de vidange en grès qui permet de vider l'appareil soit dans un séparateur, soit, en cas de danger, dans un grand réservoir d'eau froide placé immédiatement sous le plancher qui supporte l'appareil.

L'opération se fait en laissant couler lentement la glycérine dans le bain acide. L'arrivée de l'air injecté et de l'eau dans les serpentins est réglée au moyen de robinets de façon que la température ne dépasse pas 30° c. L'ouvrier surveille attentivement ses thermomètres et le tube en verre de décharge et règle l'arrivée de la glycérine.

Avec une charge de 300 kg. de glycérine, l'opération dure environ une heure et demie.

L'opération étant terminée, on active le barbotement de l'air et le passage de l'eau dans les serpentins de façon à faire tomber la température du bain de 30° à 27°; on ouvre ensuite le robinet en grès et on évacue rapidement le liquide dans le séparateur.

Ce séparateur est une cuve en plomb de section carrée, mais dont le fond, au lieu d'être plat, est formé d'une trémie terminée en bas par un gros tube de verre. L'ensemble représente donc un vaste entonnoir quadrangulaire. Par le repos, la nitroglycérine se sépare des acides et elle surnage. Pour vérifier l'état de la séparation, on peut faire usage d'un tube en verre collé contre les parois du séparateur et extérieurement; il forme vase communiquant. Au bout d'un certain temps, on peut voir dans le tube les liquides nettement séparés (densité du mélange acide 1.7, la nitroglycérine 1.6).

On peut encore recevoir un peu de liquide dans une éprouvette à pied et vérifier facilement l'état de la séparation. Ce système est même préférable à l'autre, à cause de la difficulté qu'on a de conserver les joints étanches.

La séparation complète dure environ quarante minutes. On ouvre alors avec précaution le robinet inférieur du séparateur et on reçoit dans un tuyau à deux voies, d'abord les acides qu'on évacue hors de l'atelier dans des bacs en grès ou en plomb. On aperçoit bientôt dans le tube de verre qui forme la queue du séparateur une ligne noirâtre, boueuse, qui avertit de l'arrivée de la nitroglycérine; celle-ci est versée dans un bac laveur rempli d'eau agitée vivement par injection

air. Au bout de quelques minutes, on laisse déposer, on décante et nitroglycérine est portée au lavage proprement dit.

Ce lavage se fait dans une cuve en bois où l'on agite la nitroglycérine avec de l'eau froide, puis avec de l'eau chaude, en alternant; finit par un lavage alcalin. On lave encore une fois et l'ouvrier fait essai au papier de tournesol; enfin le chimiste fait subir à l'explosif épreuve de la chaleur.

La nitroglycérine est ensuite filtrée sur du feutre et si on veut la déshydrater plus complètement, on la jette dans une trémie remplie sel marin bien sec. La nitroglycérine est alors prête pour l'usage.

M. O. Guttmann a fait une observation intéressante à propos de la stabilité de la nitroglycérine. Dans l'appareil à nitration il peut se former du sulfate de plomb dont la nature poreuse retient des impuretés. Du sulfate de plomb provenant de différentes parties de l'appareil ajouté en traces à de la nitroglycérine très pure abaisse la température de l'épreuve de chaleur d'une façon marquée parce qu'il apporte un élément acide.

294. Regagnage. — Les acides provenant des séparateurs ont une valeur considérable qu'il s'agit de ne pas perdre.

Dès la sortie des séparateurs, ces acides sont versés dans des bidons plomb à col de verre. On laisse reposer plusieurs heures; il se forme encore une couche de nitroglycérine qu'on décante.

Les acides ayant subi cette *bi-séparation* vont alors au regagnage dans les *tours dénitrantes*. Ces tours sont formées d'une colonne cylindrique, d'un mètre de diamètre intérieur et de 8 à 15 m. de hauteur. La colonne en plomb ou en terre cuite est remplie de morceaux de coke ou d'autres substances non attaquables par les acides et offrant une grande surface.

Dans plusieurs usines, on fait usage de l'appareil de Gay-Lussac. On fait arriver l'acide sulfurique nitreux à la partie supérieure d'un cylindre en lave de Volvic rempli de tessons de bouteilles. Le cylindre environ 2 mètres de hauteur. Dans le bas du cylindre, on fait arriver un jet de vapeur. L'acide sulfurique non volatil s'écoule à la partie inférieure dans des vases. L'acide nitrique volatil est entraîné avec l'excès de vapeur dans un tube en grès qui se trouve au-dessus

du cylindre de lave et va se condenser plus loin dans des bonbonnes en grès. Les traces de nitroglycérine sont décomposées à leur tour.

L'acide sulfurique est concentré par évaporation dans des chaudières en plomb et sert dans l'usine à la fabrication de l'acide nitrique.

L'acide nitrique rentre en fabrication.

Il y a un danger permanent de conserver des mélanges acides renfermant des traces de nitroglycérine. Le 15 avril 1885, une explosion de bonbonnes renfermant ce liquide dangereux causa à Matagne-la-Grande la mort d'un ingénieur et d'un ouvrier.

295. Méthode de MM. Boutmy et Faucher (1872). — Elle écarte la majeure partie de la chaleur qui se dégage dans la réaction, en engageant préalablement la glycérine dans une combinaison avec l'acide sulfurique, qu'on détruit ensuite par l'acide azotique. On fait :

1° Un mélange dit sulfoglycérique qu'on laisse refroidir.	Glycérine	100
	Acide sulfur. concentré	320
		420

On verse peu à peu la glycérine dans l'acide sulfurique, en agitant. Il se forme de l'acide sulfoglycérique.

2° Un mélange dit sulfonitrique qu'on laisse refroidir.	Acide sulfurique. . .	280
	Acide azotique . . .	280
		560

On mélange :

420 parties du mélange sulfoglycérique (verser dans)

560 " sulfonitrique.

Ce qui correspond à :

100 parties de glycérine.

600 " d'acide sulfurique.

280 " " azotique.

Le mélange est abandonné à lui-même ; la formation de la nitroglycérine dure douze heures. L'échauffement maximum ne dépasse pas 15° c. Le mélange des matières se fait le soir et on décante l'explosif le lendemain matin. Le danger de la méthode, c'est de laisser l'explosif longtemps en contact avec l'acide.

Cette méthode fut abandonnée à la suite d'une explosion à Pembrey en 1882.

296. Méthode Champion et Pellet. — Le mélange acide sulfonitrique transforme presque instantanément la glycérine en nitroglycérine. On fait arriver en quantités réglées un filet acide et un filet de glycérine dans un serpentin de verre refroidi. Seulement le mélange est imparfait et le rendement faible. Cette méthode fut mise en pratique pendant le siège de Paris.

297. Propriétés de la nitroglycérine. — C'est un liquide huileux, incolore, ayant la couleur de la glycérine blanche. La nitroglycérine industrielle est jaune et même brunâtre; elle a assez bien l'aspect de l'huile de lin; elle est inodore à la température ordinaire; à 40°, elle dégage une odeur caractéristique. La densité égale 1,60 à 15° c.; la saveur est douceâtre; c'est un corps toxique : une goutte placée sur la langue et expulsée immédiatement donne de violentes migraines; il suffit même du contact de la main. Il faut se laver les mains après contact avec une dissolution chaude contenant 4 à 5 pour 100 de soude caustique, puis avec de l'eau pure. Le café noir fort et l'antipyrine dissipent le mal de tête et les nausées. En cas d'indisposition grave et en attendant le médecin, il faut employer le repos du corps, les applications de glace, les compresses d'eau froide et le café fort. Les ouvriers qui manipulent la nitroglycérine finissent cependant par ne plus en être incommodés.

Le séjour dans les ateliers peut même amener des indispositions.

La nitroglycérine est presque insoluble dans l'eau (1 gr. dans 800 d'eau) soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, le phénol, le toluène, l'huile d'olives, l'éther acétique, le nitrobenzène, le banzène.

L'eau la précipite des solutions alcooliques.

Elle est peu volatile à la température ordinaire, elle se vaporise à 50°, fait dont il faut tenir compte dans la dessiccation de certaines poudres (balistites).

La nitroglycérine peut supporter assez longtemps la température de 70° c. sans signe de décomposition. La chaleur atteignant graduellement 109°, elle émet des vapeurs rutilantes et finit par se décomposer lentement sans détoner. Elle détone avec violence à 217° c. Point d'ébullition : 185°.

Voici une plaque mince de cuivre sur l'anneau de ce support; on y

verse une ou deux gouttes de nitroglycérine et on chauffe brusquement par en dessous, au moyen d'une lampe à gaz; quelques instants après, la détonation a lieu et la plaque est entièrement perforée.

Le choc la fait détoner avec une énorme violence; il ne produit un effet complet que si l'explosif est enfermé ou maintenu dans une enveloppe. La détonation est facile si le choc se fait fer sur fer, fer sur pierre; elle est plus difficile, cuivre sur cuivre et surtout bois sur bois.

La nitroglycérine est d'autant plus sensible au choc que sa température est plus élevée. Ainsi, une charge de 65 milligrammes de l'explosif détone à 16° sous le choc d'un poids de 450 gr., tombant de 0^m45; à 94° le même poids ne demande qu'une chute de 0^m22, et à 182°, le moindre choc la fait détoner. C'est du reste là un fait général et qui se comprend facilement.

Action de certains corps sur la nitroglycérine.

Nitrates K, Na, Ba, Ca, Co	nulle.
Chlorures Ba, Ca	nulle.
Sulfates K, Na, Ca	nulle.
Nitrates Cu, Hg, Ag	action.
Chlorures Hg, Sn	action.
Bichromates, sulfates Fe, Cu, sulfure d'ammonium Acétate de plomb, eau chlorée, cyanure, ferrocyanure Sulfocyanate, nitroprussiate, sulfures Fe, Na, K, Am Carbonates alcalins	action.

Les métaux ayant une grande affinité pour l'oxygène tels que Sn, Pb, Fe décomposent lentement la NG avec émission de vapeurs nitreuses.

Il faut donc se méfier des mélanges avec ces corps dans certaines dynamites.

298. Gel de la nitroglycérine. — La plupart des auteurs affirment que la nitroglycérine commence à s'épaissir et à se congeler vers + 8° c. et que le dégel s'opère à + 11° c. Ce fait n'est exact qu'avec des nitroglycérines hydratées. Nous avons fabriqué de la

nitroglycérine avec des matières premières chimiquement pures, et nous l'avons rendue anhydre par un long séjour sous un dessiccateur à l'anhydride phosphorique. Elle était parfaitement blanche et ressemblait à la glycérine incolore. Elle a été abandonnée pendant un mois sous une cloche sèche à l'air libre. Un thermomètre à maximum et à minimum a fourni l'indication — 18° c. pour le minimum et — 2° c. pour le maximum. La nitroglycérine n'a pas gelé. On ne peut mettre ceci sur le compte d'un phénomène de surfusion, car le liquide a été secoué de temps en temps. D'autres échantillons de fabrications différentes, mais toujours bien déshydratés, se sont comportés de la même façon.

Nous avons placé dans un tube à essai la même nitroglycérine avec un thermomètre ; le tout a été plongé dans un mélange d'éther et d'acide carbonique liquide, dont la température s'abaisse à près de — 100° c. La nitroglycérine s'est solidifiée en quelques instants ; elle se présenta sous la forme d'une masse blanche un peu opalescente. En tenant le tube à la main, le dégel a commencé vers — 20° c. et l'état fluide est redevenu parfait à — 8° c.

Si l'on dissout de la nitroglycérine anhydre dans de l'alcool méthylique et qu'on la verse dans l'eau, il se forme une espèce d'émulsion opalescente qui gagne rapidement le fond ; c'est, du reste, sous cette forme que l'on obtient l'explosif, quand, après sa fabrication, on verse le mélange sulfonitrique-glycérique dans une cuve à eau. Cette nitroglycérine hydratée soumise à une température de + 4° 5 cristallise au bout d'un certain temps et elle ne dégèle qu'à la température moyenne de + 9° c. C'est donc l'état d'hydratation plus ou moins prononcé qui fait geler la nitroglycérine à une température plus ou moins élevée. Les fabricants de dynamite ont donc tout intérêt à déshydrater le mieux possible leur nitroglycérine et les corps absorbants pour la mettre un peu plus à l'abri de la congélation.

La nitroglycérine cristallise en aiguilles prismatiques d'une densité de 1.735 ; il y a donc contraction.

On aurait constaté que la nitroglycérine qui a été maintenue un ertain temps à 100° résiste mieux au gel ; cela s'explique par sa shydratation.

La nitroglycérine gelée est plus difficile à faire détoner par le choc que lorsqu'elle est liquide.

299. *Force de la nitroglycérine.*

La formule de décomposition est :

$$C^3H^5(AzO^2)^3 = 3CO^2 + 2{,}5H^2O + 1{,}5Az^2 + 0{,}25O^2.$$

m	= 227.	V_m	= 161l82.
Q_{mp}	= 329cal,5	V_k	= 712l,86.
Q_{mv}	= 333cal,6	t	= 3153°.
Q_{kp}	= 1451cal,5	f	= 9281, 7 kg.
Q_{kv}	= 1469cal,8	α	= 0,7128.
W	= 624673 kgm.		

On voit, d'après ces chiffres, que la différence des effets entre la nitroglycérine et la poudre noire à poids égaux est énorme. A volumes égaux, l'écart sera plus considérable encore. En pratique, on trouve qu'à poids égaux, la nitroglycérine fournit 5 à 6 fois l'effet de la poudre noire.

Les produits de la décomposition ne sont pas toujours ceux que nous avons indiqués plus haut. Quand le choc n'est pas suffisant (raté de détonation), les produits gazeux renferment de l'oxyde de carbone, du protoxyde d'azote, de l'eau, de l'azote, de l'hydrogène, de l'acide carbonique, du gaz des marais. Plusieurs de ces gaz ne sont pas seulement asphyxiants, mais encore toxiques, ce qui a de graves inconvénients dans le tirage des mines.

Tous les composés azotés, ceux à combustion complète comme ceux à combustion incomplète, se décomposent autrement à faible pression ou sous des pressions élevées. Dans le premier cas, il se dégage toujours des gaz très délétères et surtout AzO bientôt transformé à l'air en AzO^2 et du CO.

Décomposition sous de faibles pressions des explosifs nitrés.

Le tableau suivant donne la composition des gaz que produisent sous la pression atmosphérique divers explosifs.

Volumes des gaz en litres par kilogr. de substance. —

	NO	CO	CO^2	H	N	CH^4
Nitroglycérine	213	162	58	7	6	1
Coton-poudre pur	139	237	104	45	33	7
Coton-poudre + nitrate K . .	71	58	57	3	7	—
Coton-poudre + nitrate Am .	122	65	103	12	112	—

299. Modes de décomposition de la nitroglycérine. — 1° Elle peut éprouver une décomposition spontanée lente sans explosion; on trouve alors comme produits : de l'acide azotique, de l'acide glycérique, de l'acide oxalique, etc.

2° Elle se décompose spontanément avec explosion; les causes sont mal connues, mais elles sont, dans tous les cas, en relation avec l'acidité de la nitroglycérine, la température ambiante, les trépidations, etc.

Le 24 juin 1868, un transport de 1800 kilogr. de nitroglycérine détona spontanément à Quenast, en détruisant tout à plusieurs centaines de mètres à la ronde; le chariot, les chevaux, les conducteurs, les soldats d'artillerie qui avaient la surveillance du convoi furent pulvérisés; on n'en retrouva aucune trace. La température ce jour-là était fort élevée, la voiture non suspendue, la nitroglycérine probablement acide, etc.

De la nitroglycérine bien lavée, exempte de toute trace d'acide et d'eau, se conserve parfaitement bien, à condition toutefois de rester à l'abri des rayons lumineux. Nous avons remarqué, depuis de longues années déjà, que de la nitroglycérine très pure conservée à la lumière un peu vive devenait acide au bout de peu de temps; celle conservée dans l'obscurité reste parfaitement neutre.

Un signe de commencement de décomposition, c'est la couleur verdâtre que prend le liquide; il faut immédiatement l'anéantir; il est du reste prudent de détruire toute substance explosive qui a éprouvé un commencement de décomposition. Cette couleur verdâtre existe surtout dans le cas d'un raté de détonation. Elle est due à la pre-

sence d'une certaine quantité d'anhydride azoteux provenant de la transformation du peroxyde d'azote en présence de l'eau :

$$4AzO^2 + H^2O = Az^2O^3 + 2AzO^3H.$$

L'anhydride azoteux forme un liquide bleu, le peroxyde d'azote est jaune : le mélange forme le vert.

3° Elle s'enflamme par l'approche d'un corps en ignition en donnant des vapeurs nitreuses et une flamme un peu verdâtre; l'inflammation est difficile et dangereuse avec l'explosif liquide, elle est facile et sans danger quand la nitroglycérine est mélangée d'un corps inerte tel que du sable, du kieselguhr, ce qui est le cas de la dynamite. Cependant, la dynamite, allumée en grand tas, s'enflamme d'abord, puis fait explosion.

4° Chauffée brusquement, elle fait explosion avec violence.

5° Elle éclate facilement par le choc et surtout sous l'influence de la détonation d'un composé explosif voisin, tel que le fulminate de mercure; dans ce dernier cas, la nitroglycérine fournit ses effets destructeurs les plus grands.

6° Elle se décompose par les alcalis. On peut mettre cette propriété à profit dans les pièces où l'on manie la nitroglycérine.

Les ateliers doivent être minutieusement nettoyés au moins une fois par semaine et immédiatement, si de la nitroglycérine s'est répandue sur le sol ou sur les tables. On lessive au moyen d'une solution chaude de soude caustique.

7° La lumière vive la décompose peu à peu; elle devient acide et par cela même dangereuse.

8° Une chaleur de 70° la décompose lentement. Il existe une sorte de point critique vers 45° au-dessus duquel la décomposition lente s'amorce.

300. Usages de la nitroglycérine. — Autrefois elle servait au tirage des mines dans les carrières; mais, à la suite de plusieurs catastrophes terribles, on renonça partout à son emploi sous la forme liquide. En 1866, le navire anglais, *l'European*, déchargeait à Aspinwall des caisses renfermant de la nitroglycérine; on ne sait comment celle-ci fit explosion, mais les ravages furent terribles,

soixante-six personnes disparurent, le navire fut démoli et flotta à l'état d'épave; les pertes matérielles s'élevèrent à 5 millions de francs.

En 1868, en Belgique, à Quenast, eut lieu une terrible explosion qui heureusement se produisit en pleine campagne; on frémit en pensant à la catastrophe qui aurait eu lieu si les 1800 kilogrammes de nitroglycérine avaient détoné dans le village de Quenast.

On se rappelle sans doute encore l'explosion qui eut lieu en 1875 dans le port de Bremerhafen et qu'une main criminelle avait préparée. Une caisse avait été apportée au dernier moment; à peine fut-elle mise sur le quai qu'une explosion épouvantable retentit, détruisant et tuant tout dans un rayon de 200 mètres. Soixante-dix personnes périrent. Sur l'aveu du criminel blessé et moribond, la caisse était chargée de nitroglycérine et de dynamite qu'un mouvement d'horlogerie devait faire détoner lorsque le navire serait en pleine mer, et cela dans le but de toucher des primes d'assurances.

La plupart des gouvernements proscrivirent le transport du dangereux explosif, et en Belgique on en défendit même la fabrication.

Dinitroglycérine. $C^3H^5 (OH) (O.NO^2)^2$.

301. — Le Dr Anton Mikolajczak à Castrop prit en 1904 un brevet pour l'emploi de la dinitroglycérine dans les explosifs. C'est un corps plus stable que la trinitroglycérine contre le choc et la chaleur. Mélangée avec la trinitro elle en tempère les propriétés dangereuses. Sa fabrication n'offre guère de danger. Elle est presque incongélable ce qui l'a fait immédiatement adopter pour la fabrication des dynamites antigels.

Formule de la décomposition :

$$2C^3H^5 (OH) (ONO^2)^2 = 6CO^2 + 2H^2O + 4H^2 + 2N^2.$$

Combustion incomplète.

Comme la trinitroglycérine contient un excès d'oxygène, on peut mêler les deux matières et obtenir un corps plus puissant encore que la trinitroglycérine.

La dinitroglycérine possède les propriétés de gélatiniser la nitrocellulose.

Fabrication. — On mêle sous réfrigération 2 p. de glycérine (D = 1.262) avec 33 p. NO^3H (D = 1.50). On laisse couler lentement l'acide dans la glycérine en remuant. On abandonne plusieurs heures à la température de 10° jusqu'à ce que la mononitroglycérine soit transformée en binitro.

Propriétés des dinitro et trinitroglycérine.

1. Substances		Dinitro	Trinitro
2. Densité à 15°		1,51	1,60
3. Essai à l'iode résistance à 70°		après 8′ brunit fortement	rien après 20′
4. Déflagration. Une cartouche de 100 gr. gélatinée s'enflamme		facilement avec flamme claire	facilement avec flamme claire
5. Point d'explosion		167°	180°
6. Explosion par influence — une cartouche de 100 gr. de matière gélatinée fait détoner une autre à		5 cm.	25 cm.
7. Solubilité dans l'eau		5,5 %	0,2 %
8. Hygroscopicité. Il a été absorbé en local humide	en un jour	3,3 %	0 %
	en sept jours	11,0 %	0 %
9. Calories dégagées pour 1 kg.		942	1554
10. Vitesse de l'onde explosive	liquide	1525	1524
	gélatinée	8320	7000
	avec 25 % guhr.	4290	6820
11. Expansion dans le bloc de plomb	gélatinée.	330	420
	avec 25 % guhr.	270	370
12. Essai au choc. Explosion sous le poids de	100 gr. chute de	15 m.	10 m.
	250 gr. chute de	10 m.	5 m.
	500 gr. chute de	5 m.	5 m.

Dr Blochmann.

On allonge avec 10 p. d'eau froide; on sature l'acide par du marbre jusqu'à ce que le liquide ait une densité de 1,58. Le dinitro monte à la surface et on décante.

Ce liquide est un peu plus soluble dans l'eau que le trinitro (5,5 %). Il contient théoriquement 15,37 % d'azote.

C'est un corps hygroscopique. Au bout de sept jours, il absorbe 11 % d'eau. Densité à 15° = 1,51. Son point d'explosion est 167°. Calories dégagées pour 1 kg. = 942.

Mononitroglycérine $C^3H^5(OH)^2(O\,.\,NO^2)$.

302. — On verse le glycide monochlorhydrique dans l'acide nitrique étendu de 10 fois son poids d'eau; on sature par le carbonate de soude et on épuise par un mélange d'alcool et d'éther.

Liquide jaune clair, épais, soluble dans l'eau, ne détone pas par le choc.

Glycérides.

303. — La glycérine donne des éthers de trois séries, comme elle est un alcool triatomique, avec les acides et les alcools monovalents.

$$C^3H^5\left\{\begin{matrix}OH\\OH\\O.C^2H^3O\end{matrix}\right. \qquad C^3H^5\left\{\begin{matrix}OH\\O.C^2H^3O\\O.C^2H^3O\end{matrix}\right. \qquad C^3H^5\left\{\begin{matrix}O.C^2H^3O\\O.C^2H^3O\\O.C^2H^3O\end{matrix}\right.$$

Monoacetine — Diacetine — Triacétine

$$C^3H^5\left\{\begin{matrix}OH\\OH\\Cl\end{matrix}\right. \qquad C^3H^5\left\{\begin{matrix}OH\\Cl\\Cl\end{matrix}\right. \qquad C^3H^5\left\{\begin{matrix}Cl\\Cl\\Cl\end{matrix}\right.$$

Monochlorhydrine — Dichlorhydrine — Trichlorhydrine

$$C^3H^5\left\{\begin{matrix}Cl\\O.C^2H^3O\\OH\end{matrix}\right. \qquad C^3H^5\left\{\begin{matrix}Cl\\O.C^2H^5\\OH\end{matrix}\right.$$

Acetochlorhydrine — Éthylchlorhydrine — etc., etc.

On désigne les éthers de la glycérine par le nom de l'acide ou du radical alcoolique qui entre dans leur constitution avec la terminaison *ine* : acétine, butyrine, formine, éthyline, éthylchlorhydrine, etc.

On les obtient d'une façon générale en chauffant en vase clos la glycérine avec l'acide.

Certaines glycérides sont actuellement employées pour abaisser le point de congélation de la trinitroglycérine, telles sont les chlorhydrines mis au jour et décrites par M. Henry, professeur à l'Université de Louvain en 1870.

304. — *Monochlorhydrine* $C^3H^5 \begin{cases} Cl \\ (OH)^2 \end{cases}$.

$$\begin{cases} CH^2.OH \\ CH.OH \\ CH^2.Cl \end{cases} \qquad \begin{cases} CH^2.OH \\ CH.Cl \\ CH^2.OH \end{cases}$$

(α) (β)

On sature de la glycérine par de l'acide chlorhydrique gazeux et on chauffe en vase clos pendant 36 heures à 100°; on neutralise par le carbonate de soude. On agite avec de l'éther et on laisse reposer. On décante l'éther et on laisse évaporer. Le liquide qui reste est soumis à la distillation fractionnée, on recueille ce qui passe à 270° (point d'ébullition de la monochlorhydrine pure).

MM. Fauconnier et Sanson saturent la glycérine chauffée à 120-130° dans une cornue avec réfrigérant descendant. On distille ensuite dans le vide. On recueille entre 80-120° de la dichlorhydrine brute; de 120-150° la monochlorhydrine brute. On rectifie.

Propriétés. — Substance huileuse, odeur éthérée, goût sucré, soluble dans l'eau, l'éther; elle est encore fluide à —35°.

Dichlorhydrine $C^3H^5 \begin{cases} Cl \\ Cl \\ OH \end{cases}$

$$\begin{matrix} CH^2.Cl \\ CH.OH \\ CH^2.Cl \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH^2.Cl \\ CH.Cl \\ CH^2.OH \end{matrix}$$

(α) (β)

D'après Reboul, on commence par déshydrater la glycérine en la chauffant pendant 24 heures à 170°, puis on ajoute 4 volumes d'acide acétique cristallisable, on sature d'acide chlorhydrique et on chauffe à 100° vers la fin de l'opération.

On distille et on recueille tout ce qui passe entre 140-160°.

Le distillat est un mélange d'acide acétique et de dichlorhydrine. On sature l'acide par le carbonate de soude; il se sépare une huile qui est distillée; on recueille ce qui passe à 178°.

Propriétés. — Corps huileux, neutre, odeur éthérée prononcée, soluble dans l'éther; bout à 178°. D = 1,137.

Trichlorhydrine $(C^3H^5)Cl^3$. — Action du perchlorure de phosphore sur la dichlorhydrine ou sur le glycide dichlorhydrique.

Liquide neutre, odeur du chloroforme, distille vers 155°.

Glycide. Anhydride inconnu de la glycérine.

$$\begin{array}{l} CH^2.OH \\ | \\ CH.OH \\ | \\ CH^2.OH \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH^2.OH \\ | \\ CH \diagdown O \\ | \\ CH^2 \diagup \end{array}$$

Glycérine. Glycide.

On connaît le glycide chlorhydrique (Epichlorhydrine) :

$$\begin{array}{l} CH^2 \ . \ O \ . \ Cl. \\ | \\ CH \diagdown O. \\ CH^2 \diagup \end{array}$$

Le gaz HCl se combine énergiquement avec le glycide pour donner la monochlorhydrine.

Chlorodinitroglycérine ou dinitromonochlorhydrine :

$$\begin{array}{l} CH^2 \ . \ NO^3 \\ | \\ CH \ . \ NO^3 \\ | \\ CH^2 \ . \ Cl. \end{array}$$

On verse peu à peu de la monochlorhydrine dans un mélange à volumes égaux de $NO^3H + SO^4H^2$ concentrés. On agite et on laisse reposer. Le corps monte.

Liquide épais, non distillable : D = 1.51. Employé en mélange avec la nitroglycérine dans les dynamites antigels.

Il existe d'autres dérivés :

Dichlorodinitroglycérine.
Chlorobromonitroglycérine.
Ethylchloronitroglycérine, etc.

305. Acétines. — Ce sont des glycérides formées par les oxacides.

Monoacétine :

$$C^3H^5 \left\{ \begin{array}{l} O\ .\ C^2H^3O \\ OH \\ OH. \end{array} \right.$$

On chauffe à 100° pendant 114 heures un mélange à volumes égaux de glycérine et d'acide acétique cristallisable.

C'est un liquide visqueux, peu soluble dans l'éther et dans la benzine, soluble dans l'alcool et l'eau : D = 1.221 à 15°. Odeur un peu éthérée.

Diacétine :

$$C^3H^5 \left\{ \begin{array}{l} O\ .\ C^2H^3O \\ O\ .\ C^2H^3O \\ OH. \end{array} \right.$$

On chauffe le mélange de glycérine et d'acide acétique cristallisable à 275°.

Liquide neutre, odorant, saveur piquante, soluble dans éther et benzine, bout à 259-261° : D = 1.178.

Triacétine : $C^3H^5 \left\{ \begin{array}{l} O.C^2H^3O \\ O.C^2H^3O \\ O.C^2H^3O. \end{array} \right.$

On mélange à froid 50 p. bisulfate K, 20 p. glycérine, 10 p. anhydride acétique. Quand la réaction violente est finie, on ajoute 20 p. d'anhydride acétique; on chauffe au bain-marie quelques heures et on jette dans l'eau. On isole avec de l'éther et on soumet à la distillation fractionnée.

Elle est soluble dans les dissolvants organiques, pas dans la ligroïne et le sulfure de carbone, peu soluble dans l'eau.

Bout à 258-259°. D = 1,155.

Les mono et diacétines donnent des substitutions nitrées.

306. Formines. —

Monoformine : $C^3H^5 \left\{ \begin{array}{l} OH \\ OH \\ O.CHO. \end{array} \right.$

On chauffe un mélange de glycérine et d'acide oxalique à 190°.

Avec l'anhydride acéto formique, on obtient une acéto diformine $C^3H^5O^3(COCH^3)(COH)^2$.

Les formules permettent des substitutions nitrées.

307. Éther triazoteux de la glycérine. —

La glycérine absorbe avidement NO.

$CH^2.O.NO.$

$CH.O.NO.$

$CH^2.O.NO.$

Liquide mobile, couleur jaunâtre, volatil, n'est pas explosif.

Essais de la glycérine pour dynamites.

308. — La glycérine doit satisfaire aux conditions générales suivantes :

1° Avoir une réaction neutre, être exempte de sucre, glucose et matières semblables.

2° Ne contenir que des traces de chlore, arsenic, fer; être exempte de plomb, calcium et autres impuretés minérales.

3° Exempte d'acides gras et arrière-produits de la glycérine, tels que acroléine ou goudron.

4° La densité ne doit pas être inférieure à 1,262.

La couleur n'est pas une mesure de la pureté; une glycérine incolore peut ne pas convenir autant qu'une foncée.

Poids spécifique. — On fera usage d'un densimètre à trois décimales ou de la balance de Westphal, exactement à 15° en évitant les bulles d'air.

Elle sera au moins de 1,261 à 1,262.

Il existe des densimètres gradués en grammes.

Si l'on n'opère pas à 15° il y a lieu d'apporter la correction :

$$d_{15} = d_t + 0{,}0006666\,(t \pm 15)$$

ce qui correspond à une différence de 2 grammes pour 3° de température.

Couleur. — Du blanc au jaune paille, au plus brune très claire.

Odeur. — Elle n'a aucune importance.

Neutralité. — On agite 50 cc. de glycérine avec 100 cc. d'eau distillée, on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine, on ajoute de l'acide chlorhydrique normal ou de la soude normale jusqu'au virage. Il ne faut pas plus que $0^{cc}3$ de liqueur normale.

Cendres. — On pèse quelques grammes de glycérine dans une capsule en platine, on chauffe prudemment jusqu'à l'inflammation; on calcine le résidu à basse température.

Résidu admis 0,1 °/₀ à 0,25 °/₀.

Chlore. — Les cendres sont reprises par l'eau distillée, additionnée de quelques gouttes de chromate jaune de potasse et on titre par le nitrate d'argent décinormal.

Tolérance : 0,005 °/₀ NaCl.

Matières grasses. — Les acides gras volatils se reconnaissent par la chauffe avec l'alcool et l'acide sulfurique concentré. Il se dégage une odeur d'éther.

Avec les acides gras de l'huile on dilue la glycérine de deux fois son volume d'eau distillée, on attaque par NO^3H ou on fait passer un courant de NO^2, on chauffe au bain-marie. S'il ne se forme aucun précipité en diluant avec de l'eau ou avec le temps, la glycérine est exempte d'acides gras supérieurs. Il faut exiger cette condition.

Le résidu organique peut être dosé en chauffant la glycérine en dessous de 160° à l'étuve. Le résidu ne doit pas dépasser 0,25 °/₀. On place pour faire cette opération 2-3 gr. de glycérine dans une capsule de platine peu profonde et on chauffe à 110°-120°, on elève doucement la température, la matière noircit, on ajoute de temps en temps un peu d'eau pour activer l'évaporation et on finit à 160°. Au delà il se forme de l'acroléine.

On pèse le résidu dont il faut défalquer les cendres.

Essai à l'argent. — On fait usage d'un tube à essais bouché à l'émeri, préalablement lavé au bichromate de potasse et acide sulfurique et rincé à l'eau distillée. On mélange dans le tube 5 cc. de glycérine avec 5 cc. de nitrate d'argent à 4 °/₀. On abandonne à l'obscurité. Le liquide ne doit être que peu coloré au bout de cinq minutes et ne pas être noir au bout d'un quart d'heure.

Essai de nitration. — Des glycérines supportant bien les épreuves

précédentes peuvent mal se nitrer en pratique. Plusieurs fabriques exigent de faire l'essai sur 500 kg. Dans les laboratoires on peut travailler des quantités beaucoup moindres.

On pèse 20 gr. de glycérine qu'on laisse couler, goutte à goutte, en remuant dans un mélange de 150 gr. d'un mélange sulfo-nitrique (1 p. en poids HNO^3 à 1,5 + 2 p. SO^4H^2 à 1,845). On règle l'opération de manière à maintenir la température entre 20-25° au moyen d'un mélange réfrigérent.

L'opération étant terminée, on verse le liquide dans un tube gradué, on rince avec NO^3H.

Si la glycérine est bonne, la nitroglycérine monte rapidement ; une ascension paresseuse est l'indice d'une impureté ; on note le temps de la séparation qui peut varier de 5 à 30 minutes. Avec une excellente glycérine le temps ne dépasse guère 7 minutes.

La ligne de séparation de l'acide et de la nitroglycérine doit être nette et exempte de matières floconneuses.

On mesure le volume de la nitroglycérine et en multipliant par 1,6, on a son poids qui doit être au moins double de celui de la glycérine.

On évacue le liquide acide, on agite la nitroglycérine une ou deux fois avec une solution chaude de carbonate de soude et, au moment de la neutralisation, il faut également observer avec soin s'il se forme un précipité floconneux. Dans l'affirmative, l'échantillon doit être déclaré mauvais.

Acides formique et butyrique. — On chauffe dans un tube à réactif un peu de glycérine en présence d'alcool et d'acide sulfurique. Les acides donnent du formiate et du butyrate d'éthyle aux parfums de la pêche et de l'ananas.

Acide oxalique. — Quelquefois la glycérine renferme de l'acide oxalique. D'après Hager, on mêle avec un volume d'acide sulfurique concentré : il y a dégagement de chaleur et dégagement de bulles de CO^2 et CO provenant de la décomposition de l'acide oxalique.

Si la glycérine renferme de l'acide formique provenant de l'acide oxalique employé pour la purification, on fait usage de nitrate d'argent ammoniacal à froid ; il se forme à la longue un précipité brillant d'argent réduit à l'état métallique.

Impuretés réductrices. — On falsifiait la glycérine autrefois avec du sirop de sucre, de la glucose, de la dextrine, etc., mais cette fraude n'existe pour ainsi dire plus aujourd'hui.

On chauffe la glycérine avec le réactif cupro-potassique (Fehling), qui ne doit pas se réduire.

On essayera ensuite une nouvelle portion de glycérine à laquelle on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique étendu; on fait chauffer, on sature par un léger excès de potasse caustique et on essaie avec le réactif cupro-potassique. Par suite de ces opérations, le sucre est interverti et réduit le réactif.

D'après Hager, on mélange 5 gouttes de glycérine avec 120 gouttes d'eau distillée; on ajoute 3 à 4 centigrammes de molybdate d'ammonium et 1 goutte d'acide nitrique; on fait bouillir 2 minutes; la solution devient bleue et accuse ainsi la présence du sucre et de la dextrine.

Le chloroforme, mêlé à volume égal à la glycérine, sépare également le sucre.

Les matières organiques sont précipitées par le sous-acétate de plomb.

En résumé, une glycérine doit satisfaire aux conditions suivantes :

1° Sa densité à 15° ne peut être inférieure à 1,261.

2° La nitration doit s'opérer facilement.

3° La séparation doit être terminée au bout de 30 minutes et sans qu'il apparaisse des flocons. Ces flocons, dûs à la présence d'acides gras, ne peuvent se former de même au moment où a lieu la neutralisation par le carbonate de soude.

4° La glycérine doit être exempte de chaux et de chlore; contenir seulement des traces d'arsenic et d'acide sulfurique.

5° Elle ne peut laisser plus de 1/4 °/₀ de résidu total lorsqu'on la soumet à l'évaporation dans une capsule de platine vers 160°, en évitant l'ébullition et la décomposition.

6° Diluée de moitié, la glycérine ne peut donner naissance à des acides gras sous l'action du peroxyde d'azote. La formation d'un précipité floconneux marque la présence des acides gras (c'est un essai succédané au 3°).

Si le résultat est défavorable, il faut rejeter la glycérine, sinon la séparation, le lavage et la filtration donneront lieu à de grandes difficultés, à cause des flocons.

Acide nitrique.

309. — Il doit marquer au moins 48° B (D = 1,501), c'est-à-dire renfermer au moins 94 % de monohydrate.

Il doit être le plus pur possible, ne pas renfermer du sulfate de sodium, ni fer, ni chlore.

Dosage de l'acide nitrique. — On fait usage d'une solution à 10 % de soude caustique dans de la phénol-phtaléine.

On pèse un flacon avec un peu d'eau distillée; on y introduit 1 cc. NO^3H et on repèse; on ajoute de l'eau pour faire 100 cc. à 15°. On prélève 10 cc. et on dose avec la solution de soude caustique.

L'acide nitrique ne doit pas contenir plus de 2 % d'acide hypoazotique.

Dosage de l'acide hypoazotique. — On fait usage d'une solution titrée de permanganate de potassium ($3^{gr}16$ au litre). Dans une fiole conique, on verse 10-15 cc. du liquide rouge, puis 2 cc. de l'acide à analyser, puis, goutte à goutte, du permanganate jusqu'à coloration rose qui doit tenir au moins une minute.

Chaque cc. de permanganate correspond à $0^{gr}0046$, NO^2.

Soit la densité de l'acide 1,52; 2 cc. = $3^{gr}04$. Si l'on a ajouté 20 cc., on a

$$0,0046 \times 20 = 0^{gr}092\ NO^2$$

correspondant à $$\frac{0,092 \times 100}{3,04} = 3,82\ \%\ NO^2.$$

L'acide hypoazotique donne à l'acide nitrique une couleur jaune rougeâtre; il se dégage abondamment par barbotement d'air.

L'iodure de potassium est décomposé par l'acide hypoazotique qui le colore fortement en brun; il donne une teinte verte au bichromate de potassium (formation d'oxyde de chrome).

L'acide chlorhydrique se reconnaît par le nitrate d'argent.

L'acide sulfurique par le chlorure de baryum.

310. Acide sulfurique. — Il doit marquer au moins 65°B à 15°C (D = 1,819). L'acide à 100 % a une densité 1,842 = 66°B. Il doit être blanc et ne contenir que des traces des matières étrangères. Il sera exempt autant que possible de fer, ne renfermera pas plus de 0,1 % d'arsenic; pas d'acide nitreux, il ne doit pas être toléré.

Dosage de l'acide sulfurique. — Il faut d'abord faire disparaître l'acide nitrique s'il y en a. On neutralise 3 grammes d'acide par du carbonate de soude; on évapore en ajoutant de l'acide chlorhydrique, quand la masse est à peu près sèche, on laisse refroidir et on ajoute encore un peu de carbonate de soude, on chauffe.

Quand toutes les vapeurs rutilantes ont disparu, on dissout dans l'eau et on filtre. La solution bouillante est additionnée d'une solution également bouillante de chlorure de baryum, on filtre par décantation; on fait bouillir avec quelques gouttes de HCl et on recommence à plusieurs reprises sans HCl; enfin on jette sur le filtre, on lave et on calcine.

$$SO^4Ba \times 0,4204 = SO^4H^2.$$

Dosage de l'acide nitrique. — Emploi du nitromètre de Lunge.

Pour reconnaître l'acide nitrique, on place une certaine quantité d'acide sulfurique dans un tube à essais et on verse doucement au-dessus une solution de sulfate ferreux.

On peut aussi jeter dans l'acide sulfurique un cristal de sulfate ferreux; il s'enveloppe de couleur rouge.

Arsenic. — On mêle 50 gr. d'acide avec 150 gr. d'eau; on chauffe à 70° et on fait barboter H^2S. Après saturation, boucher la fiole et abandonner en un endroit chaud. Filtrer, laver, sécher. Verser 3 fois 5 cc. CS^2 pour enlever le soufre, peser.

$$100\ As^2S^3 = 60,93\ As.$$

Le précipité renferme quelquefois un peu de sulfure de plomb, mais en quantité négligeable.

Le plomb se reconnaît dans l'acide sulfurique en versant à la surface de l'acide placé dans un tube à essais, un peu d'acide chlorhydrique. La ligne de séparation se trouble par suite de la formation de chlorure de plomb.

311. Analyse des acides de regagnage. — On recherche la densité, puis on dose l'acide hypoazotique par le permanganate; on dose l'acidité totale par la solution décinormale de soude caustique; puis l'acide nitrique au nitromètre de Lunge.

Supposons l'acidité totale égale à 97,46 %.

NO^3H = 11,07 %; l'acide sulfurique compte pour 97,46 — 11,07 = 86,39. Il y a donc

$$\frac{86,39 \times 49}{63} = 67,20 \text{ \% } SO^4H^2.$$

L'analyse donne donc les résultats :

SO^4H^2	67,20 %
NO^3H	11,07
H^2O	21,73

On peut employer le liquide tel quel dans le nitromètre. 2 cc. conviennent.

§ 2. — DYNAMITES A BASES INERTES.

312. — Des savants et des industriels étudièrent aussitôt les moyens de rendre inoffensive cette nitroglycérine si dangereuse à manier, mais si précieuse au point de vue de la puissance. Ce fut Nobel, ingénieur suédois, qui résolut le problème en 1867, en inventant la dynamite *(dunamis,* force, puissance).

Il mélange la nitroglycérine liquide avec des matières poreuses finement triturées; il obtient ainsi une masse plastique douée de propriétés toutes nouvelles; la nitroglycérine est emprisonnée dans une pâte, qui peut être moulée, enveloppée de papier, emballée dans des caisses et transportée au loin avec une sécurité telle, qu'actuellement aucun chemin de fer ne s'oppose plus à sa manutention. Bien préparée, la dynamite est un des explosifs les plus sûrs, sans faire exception à la poudre noire.

Le meilleur absorbant pour la nitroglycérine est le *kieselguhr* choisi par Nobel. C'est une sorte de silice constituée par les carapaces fossilisées d'une infinité d'infusoires; pulvérisée très finement, elle

constitue une matière douce au toucher; chaque grain, examin microscope, se présente sous la forme d'une masse spongi composée de splendides carapaces de diatomées.

La nitroglycérine liquide pénètre dans les cellules de chaque gr et s'y trouve parfaitement fixée. Il n'en est pas de même quand fait usage de sable; le grain de sable forme une masse pleine, im nétrable au liquide qui se loge dans les intervalles des grains; dynamite à base de sable est naturellement sujette au suintage de nitroglycérine.

Le kieselguhr absorbe trois fois son poids de nitroglycérine s devenir graisseux. Il s'extrait à Oberlohe (Hanovre).

Composition de la silice d'Oberlohe :

	1er étage (supérieur).	2e étage (inférieur).
Eau	8,431	24,42
Matières organiques.	2,279	
Terre siliceuse . .	87,850	74,48
Carbonate de chaux .	0,730	0,34
Oxyde de fer . . .	0,731	0,39
Terre argileuse . .	0,132	»
	100,153	99,63

En France, on a découvert des silices naturelles qui possèdent mêmes qualités que le kieselguhr; telle est la *randanite* qu'on tro à Randan (Auvergne).

Il faut employer la variété de guhr qui renferme une gra quantité de *bacillaria* en tubes minces et allongés parce que ce forme favorise l'absorption : la proportion de carapaces rondes anguleuses doit être minime (pleurosigmata ou dictyocheæ).

A défaut de guhr, on peut faire usage de kaolin, de tripoli, cendres alumineuses de boghead, de poudre à tirer pulvérisée, et mais ces matières absorbent moins d'huile explosive et ne la reti nent pas aussi bien que le kieselghur ou la randanite.

M. Kessler utilise l'acide fluosilicique pour préparer en grand très économiquement la silice pure destinée à la fabrication la dynamite.

Quand on distille de l'acide hydrofluosilicique avec de la silice en cès, il repasse tout entier à l'état de gaz fluosilicique mélangé de peur d'eau, en entraînant ainsi une quantité de silice égale à la oitié de celle que pourrait former le silicium qu'il contient déjà :

$$2\,(2\,HFl, SiFl^4) + SiO^2 = 3\,SiFl^4 + 2H^2O.$$

La réaction est inverse de celle qui a servi à la former.

Par le refroidissement, au contraire, la dissociation a lieu, la silice trainée se précipite en totalité et l'acide hydrofluosilicique se forme en quantité égale à celle employée : on le retrouve par pression ou lavage et l'on s'en sert pour recommencer.

313. Observation générale sur le choix de la matière absorbante. — Il convient, pour que la dynamite offre un minimum de nger, que l'homogénéité et la stabilité du mélange soient parfaites.

matière absorbante doit retenir le liquide explosif dans ses pores ne donner lieu à aucune exsudation ou mise en liberté de nitro-ycérine dans les différentes circonstances de transport, de com-ession, de température, sinon on retombe dans les dangers du aniement de la nitroglycérine. Comme nous l'avons dit, le corps sorbant doit avoir une structure spongieuse qui s'oppose à la paration spontanée du liquide explosif.

La bonne kieselguhr absorbe jusque quatre fois son poids de nitro-lycérine.

Le sable, la brique pilée, le coke pulvérisé, etc., etc., doivent être jetés.

La matière absorbante ne doit en outre contenir aucune substance ui, par une action mécanique modérée, pourrait provoquer une plosion.

Il est bon de se méfier des absorbants qui contiennent des corps uvant réagir en présence des acides ou des matières organiques sceptibles de se décomposer ou de fermenter sous certaines fluences.

Dans aucun cas, il ne faut forcer la dose maximum de nitrogly-rine que l'absorbant peut sûrement retenir.

314. Préparation industrielle de la dynamite. — Le kiesel-

guhr est réduit en poudre impalpable, puis calciné et tamisé à la maille de 1^{mm}; on ajoute quelques centièmes de craie, de carbonate de magnésium, etc., pour empêcher une acidification possible.

L'addition d'alcali doit se faire avec modération, surtout le carbonate de sodium qui peut attaquer la nitroglycérine.

Le carbonate d'ammonium est très actif. Une bonne nitroglycérine, bien lavée, n'a pas besoin de ces correctifs. Parfois on ajoute un peu d'ocre à la guhr pour lui donner une teinte favorable. Dans la calcination, celle-ci se souille quelquefois et prend une teinte grisâtre peu marchande, mais qui ne lui enlève aucune de ses propriétés absorbantes.

L'absorbant est ordinairement placé dans une espèce de pétrin à surfaces arrondies; on verse dessus la nitroglycérine dans les proportions de 75 % de liquide explosif pour 25 % de kieselguhr. Un ouvrier brasse à la main et opère le même travail que le boulanger afin de rendre la masse bien uniforme.

Le pâton de dynamite est ensuite transporté à l'atelier d'encartouchage. Quelquefois, après l'incorporation de la nitroglycérine, on grène la pâte en la passant au travers d'une claie métallique, afin de rendre le mélange plus intime encore.

L'opération du brassage se fait dans des baraques en planches entourées d'épais parapets de terre.

Encartouchage. — Les appareils pour la fabrication des cartouches varient d'une fabrique à l'autre.

Les presses à cartouches sont tantôt verticales, tantôt horizontales. En principe, elles se composent d'un cylindre en bronze muni d'un entonnoir de chargement. La pâte est introduite dans l'entonnoir et l'ouvrier la refoule dans le cylindre au moyen d'un piston. La dynamite sort sous forme d'un saucisson compact qui est coupé à longueur.

Dans certaines usines, au lieu de faire usage d'un piston pour refouler la dynamite, on emploie une hélice, ce qui a encore l'avantage de parfaire le mélange.

Parfois même, l'encartouchage se fait à la main. Ainsi à Paulilles (France) on fait usage d'un bac en zinc de forme carrée, mais

à coins circulaires. Il est placé sur une table carrée de façon que ses angles débordent les milieux des côtés de la table. Dans chaque coin du bac est pratiqué un trou muni d'un ajutage de zinc.

Une ouvrière prend un étui à cartouche formé d'un papier parchemin enroulé suivant un joint hélicoïdal collé. Elle l'introduit dans un tube en laiton, de 0^m120 de long et 0^m024 de diamètre intérieur ouvert aux deux bouts. Plaçant cet étui sous l'ajutage de la table de zinc, l'ouvrière, au moyen d'un bourroir en bois, bourre par-dessus la dynamite qui se refoule dans le papier. Après remplissage, le papier est enlevé de l'étui en laiton; on mesure la cartouche, on rabat le papier et on emballe dans des caisses.

La longueur de la cartouche est ordinairement de 12 centimètres; le diamètre, 2,3 à 2,4 centimètres.

En Belgique, le poids d'une cartouche est de 100 grammes ou de 50 grammes avec une tolérance de 3 grammes en plus ou en moins.

La papier-enveloppe porte certaines indications réglementaires que le lecteur trouvera dans *les lois et règlements sur les dépôts, le débit, le transport, la détention et l'emploi des produits explosifs* annexés au présent traité.

Les cartouches sont emboîtées par 25 dans du carton enveloppé de papier fort et ficelé.

Les vides entre les cartouches sont remplis de sciure de bois, de guhr ou de toute autre matière pulvérulente sèche susceptible d'absorber la nitroglycérine qui pourrait exsuder.

Dans certains pays on exige que l'emballeur place entre les cartouches une bandelette de papier de tournesol bleu.

Finalement, les boîtes en carton sont emballées dans des caisses en bois, au nombre de dix. Le chargement net est donc d'environ 25 kg. de dynamite.

La caisse chargée ne peut peser plus de 35 kg.

Lorsque les dynamites sont destinées à être transportées par eau, l'intérieur de la caisse en bois est garni d'un sac en toile caoutchoutée, ou même d'un revêtement en zinc, afin d'éviter un suintement de nitroglycérine si la dynamite venait à être noyée.

315. Propriétés de la dynamite. — Elle se présente sous la

forme d'une substance blanche, grise, le plus souvent rougeâtre d'après la couleur du corps absorbant; elle est molle, plus ou moins onctueuse suivant la quantité de liquide, et possède les mêmes propriétés toxiques que la nitroglycérine. Les dynamites très chargées de nitroglycérine sont dites « grasses. » La densité varie de 1,4 à 1,5. La stabilité est beaucoup plus grande que celle de la nitroglycérine; elle est moins sujette aux décompositions spontanées.

Il est indispensable cependant de vérifier de temps en temps l'acidité de la dynamite, en la touchant au moyen d'un papier de tournesol bleu. La vérification de l'acidité doit se faire tous les ans et même plus souvent. La dynamite acide doit être de suite employée ou détruite.

Les chemins de fer refusent le transport des dynamites vieilles de plus d'un an.

La dynamite kieselguhr brûle à l'air avec une flamme rosée quand elle est en petites masses en abandonnant l'absorbant. Un tas un peu volumineux de dynamite enflammé brûle d'abord et, dès que l'échappement des gaz éprouve quelque résistance, l'explosion a lieu.

Les officiers sont quelquefois appelés à détruire de la dynamite. Il faut ouvrir les cartouches en enlevant le papier; on vérifie si aucune cartouche ne renferme de capsule; on les met bout à bout en contact, y en eût-il une centaine; on met le feu à l'une des extrémités au moyen d'un bout de mèche *sans capsule*, puis on s'éloigne. Le tout brûle paisiblement. On peut se contenter de diviser les cartouches et de jeter la dynamite en menus morceaux dans un brasier.

La dynamite enfermée en vase clos explosionne sûrement par une élévation suffisante de température, déjà à 182°.

Elle résiste bien aux chocs; elle détone sous l'influence du choc du marteau sur l'enclume, seulement à l'endroit frappé, en faisant entendre le bruit d'un coup de fouet. Elle devient plus sensible à mesure que la température s'élève. Elle fait explosion sous le choc d'une balle de fusil, même à grande distance, ce qui en rend l'emploi impossible sur les champs de bataille. Elle ne peut servir au chargement des obus-torpilles, elle détone sous l'action du choc au départ;

elle résiste quelquefois quand on diminue la proportion de nitroglycérine, mais alors ses effets ne dépassent plus ceux de la poudre noire.

C'est dans le but de pouvoir lancer des obus chargés de dynamite que le lieutenant américain Zalinsky a inventé son canon pneumatique. Celui-ci est très long et lance des charges de 270 kilogrammes de dynamite à 6400 mètres au moyen d'air comprimé.

Canon lance-torpille Graydon. — Le canon à dynamite Zalinsky a le défaut d'être excessivement long. Celui qui lance 45 kg. de dynamite (203 mm. de calibre) a une longueur de 18m30.

Le canon du lieutenant de la marine américaine Graydon, de 15 pouces, lance une charge de 272 kg. de dynamite à 4800 m. et n'a que 9m14 de longueur.

Pour éviter que la charge n'éclate par échauffement, on fait usage d'un projectile en acier épais à ogive pleine. L'intérieur est garni d'une épaisse couche d'amiante. La dynamite ne forme pas masse, mais elle est divisée en cubes de 12mm de côté enveloppés de papier paraffiné ou d'étain pour empêcher l'exsudation.

Des expériences faites en 1887 prouvèrent que le projectile Graydon pouvait être tiré en toute sécurité dans tous les canons.

M. Graydon a établi un nouveau projectile pesant 590 kg. avec une charge de 272 kg. de dynamite; il est lancé par un canon pneumatique.

La dynamite emballée dans des caisses supporte sans danger les secousses du transport en chemin de fer, en voiture, etc.; le maniement de cette matière n'est, avec les précautions usuelles, pas plus dangereux que les autres préparations explosives, la poudre noire non exceptée.

Des caisses de commerce contenant sous emballage ordinaire 25 kg. de dynamite ont été jetées, de 7 à 8 mètres de hauteur, sur des pavés, sans faire explosion. Il en a été de même de la chute de pièces de bois, de pierres, etc.

Nous ne parlons évidemment ici que de la dynamite kieselguhr, beaucoup de dynamites laissant à désirer au point de vue de la bonne qualité de l'absorbant. L'eau déplace peu à peu la nitroglycérine qui

devient libre. Cela se présente lorsque les cartouches sont placées sous l'eau ou lorsque le corps absorbant est hygroscopique.

316. Explosion de la dynamite. — Elle s'obtient inévitablement et avec des effets maximum par la détonation d'une capsule chargée au moins de 6 décigrammes de fulminate de mercure. Les capsules militaires renferment de 1 à 2 grammes de fulminate afin d'assurer même la détonation de la dynamite gelée.

L'explosion exige des amorces plus faibles lorsque la dynamite est enfermée en vase clos; autrefois les trous de mine chargés de dynamite étaient amorcés au moyen d'une cartouche de poudre noire qu'on allumait par la mèche; seulement les effets sont très atténués et de plus cette explosion incomplète dégage beaucoup de gaz nitreux et même de la nitroglycérine non décomposée, dont l'inhalation incommode et empoisonne les mineurs.

Il arrive parfois qu'une cartouche détone incomplètement surtout à l'air libre; une partie seule détone et l'autre est dispersée.

317. Détonation de la dynamite par influence. — La dynamite peut détoner à distance sous l'influence de la détonation d'une cartouche voisine. Des expériences faites en France avec des cartouches (100 gr.) attachées à des piquets prouvent que la détonation se transmet au maximum à $0^{m}80$.

Si les cartouches sont placées en grand nombre sur une ligne droite, la grande dimension des cartouches perpendiculaire au développement de la ligne des cartouches, on peut les éloigner de $1^{m}30$ et obtenir la détonation simultanée de toute la ligne par l'amorçage d'une seule cartouche.

Les chiffres donnés sont des maxima. Dans les cas ordinaires, ils sont beaucoup moindres. Avec des cartouches de 100 grammes, la détonation par influence se fait à coup sûr de 35 à 40 centimètres.

318. Ratés de mine. — Ils peuvent provenir de différentes circonstances : 1° de la mauvaise qualité des mèches; 2° la mèche ne touche pas le fulminate; 3° la mèche est étranglée par une sertissure trop énergique de la capsule; 4° la capsule ne touche pas la dynamite; 5° la capsule n'est pas assez forte; 6° la dynamite est gelée.

319. Dynamite gelée. — La dynamite soumise pendant un temps

z long à une température suffisamment basse se congèle, elle ient dure comme la pierre et elle ne reprend sa plasticité qu'à : température assez élevée. Comme nous l'avons établi plus haut, point de congélation de la nitroglycérine dépend de son état nydratation, aussi ne faut-il pas être surpris de trouver dans une ême caisse des cartouches gelées et d'autres qui ne le sont pas. Nous avons soumis une cartouche de dynamite formée de ielselguhr très calciné et de nitroglycérine bien déshydratée à 'action d'une température de + 8° c., de + 6° c., de + 4°5, de 0° et le -- 4° c. pendant des périodes de 72 heures chacune. La dynamite est restée plastique, tandis qu'une cartouche ordinaire du commerce gèle en peu de temps.

On admet généralement que la dynamite durcit à partir de 6° c. et ne reprend sa plasticité qu'à + 8° c. Ces chiffres sont acceptables pour les cartouches ordinaires du commerce dont la nitroglycérine est toujours plus ou moins hydratée.

Cette propriété de durcir offre de graves inconvénients; elle rend l'emploi de l'explosif très difficile en hiver parce que le bourrage devient impossible.

La dynamite gelée est sujette à exploser même en petite quantité quand on y met le feu.

Elle n'éclate pas sous l'influence de la capsule ordinaire; elle exige des détonateurs renforcés contenant au moins un gramme de fulminate de mercure; certaines capsules en renferment jusque 2 grammes. Quelquefois la dynamite gelée ne détone qu'en partie. Elle fait aussi explosion sous l'influence d'une cartouche de dynamite non gelée ou d'un pétard-amorce de dynamite au fulmicoton de Trauzl (mélange de 25 parties de coton-poudre pulpé et 75 parties de nitroglycérine).

320. Dégel de la dynamite. — Cette opération est importante dans l'industrie, parce que la dynamite gelée ne peut plus être bourrée. Le dégel est long et délicat; il est impossible de le pratiquer en temps de guerre; il est dangereux.

Le 21 février 1878, pendant des exercices pratiques de sautage la dynamite qui se faisaient à Parme, on mit à dégeler de la

dynamite dans des bidons chauffés au bain-marie. Un lieutenant de cavalerie prend un bidon destiné à son détachement et le met sur le feu pour aller plus vite; une grande quantité de curieux le regardaient faire. Soudain la dynamite fit explosion : le lieutenant fut déchiqueté et plus de 80 personnes furent tuées et blessées par les projections de sable et de pierres. Peut-être l'explosion fut-elle produite par une braise chauffant brusquement le fond du bidon. Souvent les mineurs mettent dégeler leur dynamite dans des cendres chaudes, même quelquefois sur les buses des poêles; ce sont là de stupides imprudences.

Il ne faut pas dégeler la dynamite en la mettant dans de l'eau chaude; cette méthode de dégel met la nitroglycérine en liberté, elle finit par former une couche huileuse au fond du vase; ce procédé doit être absolument proscrit.

On doit employer un appareil constitué comme suit : un vase métallique recouvert à l'intérieur de bois est placé dans l'intérieur d'un autre vase métallique. Les parois des deux récipients sont séparées par un vide d'une épaisseur de plusieurs centimètres : ils sont fixés l'un à l'autre par leurs bords supérieurs au moyen d'une paroi pleine. L'intervalle entre les vases est rempli d'eau chaude maintenue à 30° c. Les cartouches sont placées debout dans la marmite intérieure; on ferme au moyen d'un couvercle; l'opération est très lente.

Le bain-marie doit être surveillé au point de vue des fuites d'eau qui pourraient provoquer des suintements de nitroglycérine.

Dans les arts militaires, il vaut mieux ne pas dégeler la dynamite : on n'en a, du reste, pas toujours le temps.

On fera usage de capsules renforcées et de pétards. Ceux-ci sont très utiles puisqu'il n'est plus possible de faire pénétrer la capsule dans la dynamite durcie. Le pétard consiste en un petit cylindre de fer-blanc dans lequel on tasse de la dynamite ordinaire ou de la dynamite au coton-poudre. La charge est de 25 gr. Ce cylindre est fermé par deux couvercles à frottement dur portant à leur centre un petit tube en creux destiné à recevoir la capsule. Ces pétards sont mis à l'abri de la gelée; à la rigueur, l'officier ou le sous-officier les met dans la poche du pantalon.

ıns les chantiers importants, on conserve la dynamite dans des ques en planches à doubles parois remplies de charbon de bois 'un corps mauvais conducteur de la chaleur; la température est ıtenue à 22° c.

ı a aussi préconisé de dégeler la dynamite en l'enfouissant dans ıs de fumier de cheval; cette méthode est dangereuse, la tempé- re pouvant atteindre un degré trop élevé.

: passage de l'état solide à l'état pâteux rend quelquefois la ımite très sensible, à cause peut-être du travail moléculaire ı lieu.

arrive aussi, lorsque l'absorbant est de mauvaise qualité, que du dégel, la nitroglycérine se sépare, d'où résulte un suintage ›ffre de sérieux dangers.

:s dynamites qui ont subi plusieurs alternatives de gel et de dégel ent souvent exsuder le liquide explosif.

:s cartouches gelées ne doivent jamais être frottées ou com- ées contre des corps durs; elles ne doivent pas être brisées, on ›ose à une explosion. Des ouvriers ont été tués en essayant de ' un trou pour la capsule dans des cartouches gelées. Ces faits ›lent être en contradiction avec la diminution de sensibilité de 'namite gelée sous l'influence de la capsule; cependant ils sont et il n'y a pas longtemps, un ouvrier a fait éclater une ›uche en la frappant contre un boisement de mine. Peut-être provient-il de petits cristaux de nitroglycérine qui viennent ırir à la surface.

l. Sensibilité des dynamites gelées et des corps explosifs 'énéral. — D'après MM. Will et Heyse, les expériences de ·atoire concordent avec la théorie pour affirmer que la dynamite ·lée est moins sensible que la dynamite molle. Mais les accidents e produisent, surtout l'hiver, montrent qu'en pratique la chose ifférente. La plupart des recherches expérimentales sur la sen- té des explosifs reposent sur les essais à l'explosion et au choc. ır obtenir des essais concordants au moyen de ces deux procédés, ıt se placer dans des conditions absolument déterminées, sans on arrive à des conclusions contradictoires.

Des essais institués depuis longtemps en Autriche sur de la poudre gélatinée au camphre ont montré que toutes choses égales d'ailleurs les résultats obtenus varient avec l'épaisseur de la couche soumise au choc.

On tirait avec le fusil d'ordonnance sur le produit explosif comprimé entre deux planchettes. A une distance de 25 mètres, on n'arrivait pas à faire exploser la substance quand l'épaisseur de la couche variait entre 2 et 4 centimètres. Au premier coup, à une distance de 250 mètres, un caisse emballée suivant les prescriptions militaires fit explosion.

Depuis, cette expérience qui bien qu'isolée fut trouvée probante, les essais de sécurité au choc se font en Autriche sur une couche présentant l'épaisseur maximum qui puisse se rencontrer dans la pratique.

Le phénomène lui-même peut s'expliquer par la transformation progressive de la force vive du projectile en chaleur au sein du canal qu'il fore dans une masse mauvaise conductrice. Dès que la température suffisante est atteinte, l'explosion se produit.

Une partie de l'énergie du mouvement est aussi employée à la compression des couches d'explosif placées en avant de la balle, et cela en raison de leur inertie. Une partie de ce travail se transforme aussi en chaleur; on se trouve donc en présence d'un phénomène complexe dont l'importance des éléments peut être très notablement réduite quand on emploie une faible épaisseur d'explosif, de telle sorte que celui-ci peut paraître stable. Il est donc évident que les conditions sont suffisamment différentes entre les expériences d'essai et la pratique pour qu'on s'explique des divergences considérables lors de l'emploi, avec les résultats fournis par les essais. Il est néanmoins indubitable que ceux-ci permettent d'étudier d'une façon précise certaines questions.

C'est ainsi qu'on peut élucider certains phénomènes simples qui ont trait à la sensibilité mécanique des explosifs; le cas suivant en est une preuve.

Tout le monde connaît la sensibilité du fulminate de mercure sec et encore plus mélangé avec $KClO^3$. Mais si l'on transforme soit par

un mode approprié de fabrication, soit par broyage mécanique à l'état humide, ce composé en une poudre très fine, il perd en grande partie son extrême sensibilité au choc mécanique et se comporte comme un corps relativement maniable. Ce fait est dû à ce que les particules peuvent alors facilement se déplacer les unes par rapport aux autres.

Indépendamment de la mobilité de la substance, mobilité qui diminue surtout la sensibilité des explosifs liquides, il existe d'autres causes qui font varier l'altérabilité au choc ou aux agents mécaniques de la substance.

Voyons les corps solides. Nous constatons tout d'abord qu'à l'état amorphe des explosifs sont plus sensibles au choc qu'à l'état cristallisé. L'acide picrique finement pulvérisé explose plus facilement et plus complètement sous l'action d'un détonateur que l'acide picrique en cristaux ou cristallisé après fusion. Et cela à densités de chargement égales.

On dirait donc que le travail nécessaire pour détruire la forme cristalline vient s'ajouter à celui qui est nécessaire pour donner l'impulsion à l'explosion. Mais si l'on aboutit ainsi à une densité de chargement plus élevée, ce nouveau phénomène peut plus que compenser le premier, et l'explosif est rendu ainsi plus sensible qu'à l'état amorphe.

Il est compréhensible que lorsqu'on remplit une cavité d'une masse compacte d'explosif et qu'on frappe ensuite brusquement un point, les particules ne peuvent pas glisser les unes sur les autres, le travail mécanique se transforme en chaleur en des points isolés auxquels la température atteint une limite forcément plus élevée que si ce travail se répartissait dans toute la masse.

Il n'y a donc pas contradiction quand on dit : un composé à l'état d'agrégation A est moins sensible qu'à l'état d'agrégation B; mais les cartouches formées avec la substance à l'état A sont plus compactes et par conséquent plus sensibles au choc que les cartouches formées avec cette substance à l'état B.

Quand on opère des essais en petit, on peut faire décroître jusqu'à une limite assez avancée l'influence du second facteur, pour ne plus faire entrer en ligne de compte que l'état physique du composé.

Dans des essais de ce genre, on a donc pu trouver que la NG soli-
difiée était moins sensible qu'à l'état liquide. Mais dans les expé-
riences en grand, les phénomènes se compliquent de telle sorte qu'on
peut arriver à un résultat diamétralement opposé.

Il semble, en tous cas, que l'état de transition entre la liquéfaction
et la solidification de la NG n'a aucune influence sur sa sensibilité :
c'est ce qu'a montré Wills.

D'après Beckerhin, la NG augmente de densité en se solidifiant.
On observe aussi, en examinant à la loupe des grains isolés de poudre
sans fumée à la NG, que ce composé se sépare en cristaux (sous
l'action du froid) de la masse de nitro-cellulose pour effleurir à la
surface des grains. Ceux-ci prennent alors une apparence spéciale due
au refoulement par la NG de la couche de graphite qui les recouvre.

Au moment de la liquéfaction de la NG on peut suivre la sépara-
tion de l'huile explosive du grain de poudre. Le phénomène est très
net mais ne dure que quelques minutes.

Inversement, quand la NG se liquéfie, elle est réabsorbée par la
masse poreuse du grain sur une quantité un peu considérable d
poudre, le phénomène progresse de grain en grain avec une vites
proportionnelle à la conductibilité thermique du milieu. Si les exp
sifs à base de NG n'étaient pas très mauvais conducteurs, la lic
faction aurait lieu très rapidement, la NG ne pourrait être réso
et l'on pourrait facilement encourir de graves dangers d'expl

Lorsque la NG passe de l'état solide à l'état liquide, elle d
libre.

Les statistiques anglaises ont fait reconnaître le danger plu
que présente la dynamite gelée.

En théorie et d'après les séries exactes d'essais du labor
peut dire :

La sensibilité mécanique des explosifs est abaissée :

1° Par la mobilité relative de leurs particules causé
état de division plus ou moins avancé ;

2° Par la forme cristalline de la masse, car alors, au
provoquer l'explosion s'ajoute le travail n

3° Par le passage à l'état solide, qui ajoute au travail nécessaire pour provoquer l'explosion le travail équivalent au changement d'état ;

4° Par l'abaissement de température qui fait qu'il faut fournir plus de calories à l'explosif pour l'amener à sa température de décomposition.

On augmente, par contre, la sensibilité au choc des explosifs :

1° En les rendant plus compacts et cela en modifiant, par exemple, leur état moléculaire et en augmentant la rigidité de forme des composants de l'explosif, de façon à localiser les effets mécaniques et leur transformation en chaleur ;

2° Par la présence de corps étrangers durs, mélangés accessoirement à l'explosif et pouvant augmenter la possibilité de frottements et de chocs locaux (par exemple, en additionnant de sable le kieselguhr de la dynamite).

3° Par toute action qui tend à exposer l'explosif en couche très mince au frottement entre deux surfaces dures ; on peut ainsi augmenter la sensibilité des substances très molles et même liquides, les conditions de l'application entre les surfaces dures pouvant annuler la fluidité du liquide.

La multiplicité infinie des cas fait, qu'en pratique, les conditions qui augmentent ou qui diminuent la sensibilité de l'explosif se combinent de façon déterminante pour un cas donné. Et si un explosif se comporte différemment dans deux circonstances en apparence identiques, cela tient à ce que l'une des conditions a pris une importance prépondérante. C'est ainsi que la NG liquide est très sensible au choc d'un marteau, alors qu'elle résiste relativement bien à la détonation d'une capsule immergée en elle.

Dans le premier cas, malgré sa fluidité, elle ne peut que s'étaler en couche mince entre le marteau et l'enclume, et le travail s'y transforme en chaleur productive d'une haute température.

Dans le second cas, le choc instantané produit par la détonation se transmet instantanément à tout le liquide et au récipient, brise celui-ci et projette en pluie celui-là, de sorte qu'une faible partie seulement de la NG fait explosion.

Les études récentes effectuées sur la NG congelée montrent que d'une part, divers phénomènes physiques agissent de façon à diminuer sa sensibilité, mais que, d'autre part, la rigidité de ses particules facilite alors la concentration sur certains points du travail et de la chaleur et par conséquent de l'explosion.

Au point de vue des conditions de son emploi, l'expérience montre que la dynamite et les gélatines explosives sont infiniment plus dangereuses au-dessous des points de fusion de la NG qu'elles ne le sont au-dessus (*Moniteur Quesneville*, octobre 1904).

322. Dynamites non congélables ou antigels. — Depuis longtemps on a cherché à abaisser la température de congélation de la nitroglycérine en lui ajoutant certaines matières à bas point de solidification. Il est évident que pour ne pas diminuer trop la force explosive de la nitroglycérine, il faut s'adresser de préférence à des matières explosives elles-mêmes ou, tout au moins, à des matières faciles à comburer.

Une vive impulsion a été donnée depuis quelque temps à l'élaboration de ces dynamites incongélables.

A.-W. Wahlenberg et K.-J. Sundström, dans un brevet de 1876, avaient proposé un mélange de nitroglycérine et de 2 à 10 % d'orthonitrotoluol avec la guhr, et même pour des explosifs à base de nitrate d'ammoniaque. Ainsi, par exemple :

Nitrate d'ammoniaque	30-70
Charbon	5-20
Nitroglycérine mêlée d'orthonitrotoluol . . .	20-50

La dynamiterie d'Arendonck, en Belgique, a donné plusieurs compositions de gommes pures et de gélignite antigels, à base de binitrotuol spécialement travaillé, qui met ces explosifs à l'abri du gel pendant les hivers rigoureux.

La Société anonyme des poudres et dynamites à Paris (Brit. Patent. 14627/1903) a breveté la solution des dérivés nitrés du toluol (para, di et trinitrotoluol) dans la nitroglycérine, qui la rend incongélable à —20° c.

Dans un brevet postérieur (25797/1904), les inventeurs indiquent un mélange de 80 % de dinitrotoluol + 20 % de trinitrotoluol.

La Deutsche Sprengstoff-actiengesellschaft, de Hambourg (Brevet 185513/1905), emploie la dinitromonochlorhydrine. En ajoutant 5-20 % de ce corps à la nitroglycérine, on arrive à supprimer complètement la congélabilité des explosifs ou, tout au moins, à la diminuer considérablement, sans que les effets brisants aient à en souffrir. Au lieu d'ajouter la dinitromonochlorhydrine à la nitroglycérine, on peut aussi nitrer un mélange de monochlorhydrine et de glycérine.

Le Dr Verio Vender, de Milan, s'adresse aux éthers de la glycérine : les acétines. La mono et la biacétine gélatinisent avec facilité la nitrocellulose soluble et même celle difficilement soluble dans l'alcool éthéré. La triacétine est un dissolvant hors ligne.

Vender a obtenu la dinitroacétine. Ce sont des liquides explosifs à point de congélation très bas; à raison de 10-30 % à la nitroglycérine, on obtient un explosif dont le point de congélation tombe à — 20°.

La dinitroformine et la dinitroacétine ont à peu près la même force que la nitroglycérine : elles sont plus insensibles au choc que cette dernière, mais détonent à l'air libre par un détonateur. Elles sont plus résistantes à la chaleur que la NG, ainsi on peut distiller la dinitroacétine. Elles sont insolubles dans l'eau et ne contiennent pas de chlore, dont les vapeurs sont irrespirables.

Par la nitration d'acétines basiques avec l'acide sulfo-nitrique, comme pour la nitroglycérine, on obtient de la nitroglycérine avec peu de nitroacétine; mais par l'action de l'acide nitrique pur avec plus de 65 % NO^3H ou le mélange sulfo-nitrique contenant plus de NO^3H que de SO^4H^2, on obtient la nitroacétine.

On obtient, par exemple, de la dinitroacétine avec un rendement de 95 % quand on verse peu à peu 40 p. de monoacétine dans un mélange de 100 p. NO^3H (1,513) et 25 p. d'oléum (à 25 % SO^3) en refroidissant de manière à ne jamais dépasser 25°. On sépare les acides et on lave à l'eau froide, puis à 70° c. avec une solution faible de carbonate de sodium.

On obtient une dinitroacétine un peu jaunâtre, D = 1,45 à 15 [illegible]e soluble dans l'eau, le benzol, le sulfure de carbone, l'acide [illegible], l'éther [illegible], l'alcool éthylique, l'alcool méthylique, l'acétone, l'éther [illegible] la nitroglycérine.

Au nitromètre donne 12,5 °/₀ d'azote.

Ne détone pas par le choc du marteau, mais facilement p[illegible]r un détonateur.

Dans le bloc de plomb, 10 gr. donnent une expansion de 450 cm[illegible]3.

Cette dinitroacétine possède un pouvoir dissolvant pour la nitro-cellulose; elle gélatinise facilement celle à 13,4 °/₀ d'azote.

Les mélanges restent plastiques jusque — 20° c.

La dinitroacétine offre de grands avantages pour la fabricatio[illegible]n des poudres sans fumée, qui avec elles se caractérisent par une faib[illegible]e température d'explosion.

D'une façon semblable, il a été fabriqué de la dinitroformine q[illegible]i était inconnue jusqu'à ce jour.

Un mélange de glycérine avec la moitié de son poids d'acid[illegible]e oxalique anhydre est d'abord chauffé à 100° et puis pendant 20 heure[illegible]s à 140-150°, puis nitré par l'acide sulfo-nitrique. Le produit lavé e[illegible]t neutralisé est un mélange de 70 °/₀ de nitroglycérine et de 30 °/₀ d[illegible]e dinitroformine qui peut être employé directement à la fabricatio[illegible]n de gélatines explosives incongélables.

Le prix de fabrication de la nitroacétine n'est pas beaucoup plu[illegible]s élevé que celui de la nitroglycérine.

323. Force de la dynamite. — Comparée à la nitroglycérine, ses effets sont moins brisants. On comprend, en effet, que la chaleur dégagée se partageant entre les gaz et le kieselguhr, les pressions initiales seront diminuées, et d'autant plus, que la quantité de matière inerte sera plus considérable; cependant le potentiel reste toujours le même étant proportionnel au poids de nitroglycérine.

La dynamite est d'autant plus brisante qu'elle est plus riche [illegible]lguhr rend aussi la dynamite plus iner[illegible] du choc est répartie

On comprend que la structure moléculaire du corps absorbant a ici une certaine importance ; sa compacité, sa porosité peuvent changer beaucoup la loi de la propagation de la décomposition explosive.

La dynamite à 25 % de kieselguhr se décompose suivant la formule :

$$C^3H^5Az^3O^9 + 1,24SiO^2 = 3CO^2 + 2,5H^2O + 1,5Az^2 + 0,25O^2 + 1,24SiO^2$$

au moyen de laquelle on peut calculer les éléments de la force.

La dynamite guhr donne 10376 kg. de pression quand elle détone dans son propre volume.

§ 3. — DYNAMITES A BASES ACTIVES.

324. — Nous avons vu que la nitroglycérine renferme un excès d'oxygène qui peut être utilisé pour brûler des corps combustibles ; il y a ainsi formation d'une quantité de gaz plus considérable, d'une émission de chaleur plus grande dont les effets viennent s'ajouter à ceux de la nitroglycérine. Dans le principe, on fit usage de charbon de bois, de sciure de bois, de farine, etc. Bientôt, on ajouta des substances explosives par elles-mêmes, telles que la poudre noire, le coton-poudre, la paille nitrée, etc.

On a prétendu que l'absorbant explosif agit trop tard pour produire un effet utile. Mowbray dit que c'est comme si l'on voulait accroître la vitesse du courant électrique en lui ajoutant celle d'une locomotive ; cependant la pratique a ratifié l'usage des dynamites à bases actives et les expériences aux crushers démontrent que les pressions augmentent ; c'est qu'en effet, sous l'influence de la nitroglycérine, la poudre noire qui lui sert d'absorbant éprouve une décomposition beaucoup plus brusque que dans les conditions ordinaires, et l'on peut dire que la force totale est la somme des forces individuelles des deux explosifs.

Les dynamites à bases actives sont actuellement très nombreuses.

325. — Nous donnons ci-après un certain nombre de compositions à bases inertes et actives.

Dynamites de Vonges.

	N° 0.	N° 1. à 75 °/₀.	N° 2. à 50 °/₀.	N° 3. à 30 °/₀.	N° 4 à 90 °/
Nitroglycérine	90	75,0	50,0	30,0	90
Randanite (guhr)	10	20,8	—		1
Silice de Vierson		3,8	48,0		
Sous-carbonate de magnésie		0,4			1
Craie de Meudon			1,5	10	
Ocre rouge			0,5		
Silice de Launois				60	
Laitiers de hauts fourneaux				4	
Ocre jaune				5	8

Dynamites Nobel.

N° 1 (ordinaire).	Nitroglycérine	72,00	
	Kieselguhr	28,00	
N° 2.	Nitroglycérine	52,00	
	Sciure de bois	16,00	sciure de bois salpêtrée
	Salpêtre	30,50	
	Carbonate de soude	1,50	
N° 3.	Nitroglycérine	52,00	
	Sciure de bois	10,00	sciure de bois salpêtrée
	Salpêtre	33,50	
	Carbonate de soude	1,50	

Quand la sciure de bois est légèrement torréfiée (à 150°), la force de l'explosif augmente de 5 à 8 °/₀.

Ces dynamites sont destinées à la rupture de rochers de dureté moyenne : tels que la houille, les matériaux de carrière dans lesquels une force explosive trop grande donnerait trop de menus.

Extra dynamite Nobel (1879).

	N° 1.	N° 2.
Nitroglycérine	23	63
Nitrocellulose	71	24
Nitrate d'ammoniaque	2	12
Charbon de bois	4	1

On peut remplacer la nitrocellulose par la nitrodextrine, le nitromidon et le charbon par de l'amidon, du sucre, de la dextrine, etc.

Dynamites blanches.

Nitroglycérine	63		55
Craie	20		»
Carbonaté de magnésium . .	5		30
Sciure de bois	10		15
Coton-poudre	2		»

Dynamite rouge.

Nitroglycérine	66	à	68
Tripoli	34	à	32

Dynamite cellulose.

Nitroglycérine	70	à	75
Charbon de bois peu calciné et broyé	30	à	25

Cette dynamite forme une masse plastique d'un brun chocolat, ssemblant à de la chicorée torréfiée. Elle laisse suinter la nitrorcérine par la pression des doigts. Gelée, elle détone encore par fulminate à 1 gramme, ce qui est un avantage.
Elle est moins sensible à l'action missive de l'eau que la dynamite sselguhr. Elle brûle presque sans résidus.

Dynamite noire.

Nitroglycérine	45
Coke pulvérisé	55

Pandopollite. — Elle est fabriquée à Opladen (Prusse rhénane).

Kieselguhr	20	à	23
Craie	2	à	3
Sulfate de baryum	7		
Nitroglycérine et naphtaline .	15	à	70

La naphtaline empêche (?) la formation de vapeurs nitreuses, mais le dégage beaucoup de fumée.

Lithofracteurs. — Ces dynamites sont beaucoup employé sont des mélanges de nitroglycérine et de poudre noire d ou moins bonne qualité.

Nitroglycérine	52	55
Kieselguhr	30	21
Houille.	12	6
Nitrate de sodium	4	15
Soufre	2	3

Ces dynamites sont noires, elles s'enflamment à 120°; à de la présence du nitrate de sodium, elles sont hygroscop ce qui est mauvais. Dans la détonation, elles dégagent de l' de carbone qui incommode les mineurs.

D'autres lithofracteurs contiennent jusque 75 °/o de nitroglyc

Dynamite grise de Paulille.

Nitroglycérine	20	à	25
Poudre noire	80	à	75

Elle ne durcit pas par la gelée et retient bien la nitroglyc elle est plus inflammable, plus sensible à l'humidité que la dy kieselguhr; elle dégage de l'oxyde de carbone délétère. El comme poudre lente vu son peu de richesse en nitroglycérin donne des débris peu considérables dans les mines.

Dynamite Nobel à la baryte.

Nitrate de baryum	70	68
Résine	10	12 (charbon
Nitroglycérine	20	20

Carbodynamite (Reid et Borland).

Nitroglycérine	90
CO^3Na^2	1,50
Poudre de bois	10,50

Carbonite.

Nitroglycérine	25	
Salpêtre	34	
CO^3Na^2	0,5	
Sciure de bois fine. . . .	75	
Sulfobenzine	0,5	

Colonia Powder.

Nitroglycérine	30	40
Poudre de mine.	70	60

Explosif Müller (grisoutite) Baelen-sur-Nèthe.

Nitroglycérine	46	
Sulfate de magnésie . . .	45	
Farine de bois	9	

Sébastine (Boechman de Stokholm).

Nitroglycérine	78	68	
Charbon de bois.	14	20	(très poreux et très absorbant).
Nitre	8	12	

Le charbon de bois est très poreux et peut absorber 10 fois son oids de nitroglycérine. L'inventeur estime que l'augmentation 'effet résultant de la plus grande rapidité de l'explosion de cette oudre est de 10 %.

Noir-Sébastine (Fahnejelm).

Nitroglycérine	45	75
Charbon	15	30
Nitrate de sodium	5	25

Le nitrate de sodium est déliquescent et provoque le suintement e la nitroglycérine.

Judson Powder.

Nitroglycérine	5,00	20,00
Nitrate de sodium . .	64,00	59,90
Soufre	16,00	13,50
Charbon bitumineux . .	15,00	12,60 (Cannel Coal)

Explosifs de Engels Jacobs (Deutz).

Nitroglycérine	70	à	60
Pyroxyle.	5	à	10
Pyropapier	15,5	à	18
Nitromannite	5	à	1
Nitrate d'ammonium . .	10	à	30
Salpêtre	8	à	10

Ammoniac krut (Ohlson et Newbin).

Nitroglycérine	10	à	20
Nitrate d'ammonium . .	80		
Charbon	6		

Ce mélange est hygroscopique à cause du nitrate d'ammonium d'où danger de suintage.

C'est une substance très énergique à cause du caractère explosif de la nitroglycérine et de l'azotate d'ammonium. On ajoute du charbon pour absorber le liquide explosif.

Les systèmes qui correspondent à la combustion totale sont donnés par la formule :

$$x[C^6H^5(Az(O^2)^3O^3 + \tfrac{1}{2}C] + y[(AzO^3AzH^4) + C] =$$
$$(3\tfrac{1}{4}x + \tfrac{1}{2}y)C^2O^4 + (2\tfrac{1}{2}x + 2y)H^2O + (1\tfrac{1}{2}x + y)Az^2.$$

$$\text{Si} \quad x = 1; \quad y = 6.$$

La composition immédiate serait :

Nitroglycérine	14,10
Nitrate d'ammonium . .	70,60
Charbon	6,30
	100,00

Dynamites de Matagne.

	A l'ammoniaque.		Grisoutites.	Mélanï[illegible]
Nitroglycérine. . .	26,25	35	42 à 45	83 à 8[illegible]
Azotate d'ammonium	65	65	"	"
Kieselguhr. . . .	8,75		11 à 12	"
Sulfate de magnésium	"		47 à 43	
Coton-poudre soluble.	"		"	17 à 14

Grisoutine M. (Société générale pour la fabrication des dynamites, France).

Azotate d'ammoniaque . . .	80
Dynamite guhr à 75 % . . .	20

Grisoutine B.

Azotate d'ammoniaque . . .	80
Nitrogélatine.	12
(Coton octonitrique 2).	
(Nitroglycérine . 98).	

Fulminatine (Fuchs d'Alt Berau, Silésie).

Mélange de nitroglycérine et de laine tontisse.

85 40

Pâte explosive (Spring paste).

Nitroglycérine	72
Craie	6
Carbonate de magnésie . . .	20
Sciure de bois	2

Mataziette (de M. Biet).

Mélange de nitroglycérine, de sable, de craie et d'ocre. Le mélange ne retient pas bien la nitroglycérine qui suinte. Elle causa, en 1875, l'explosion de la fabrique de Satigny dans le canton de Genève. Le 18 janvier 1877, la douane française saisit à la frontière italienne 12 barils renfermant cette matière qu'on tentait de faire passer en contrebande ; le chargement fut séquestré au fort de Joux. Soudain la mataziette fit explosion, huit ouvriers furent tués et le fort de Joux très éprouvé.

Poudre explosive de Brain.

Nitroglycérine.		40	78	68	40	40
Matière absorbante mélange de	Chlorate de potasse	60	8	12	20	10
	Nitrate id.		"	"	"	10
	Charbon de liège .		14	20	40	40
	Sciure de bois . .		"	"	"	"

Le maniement de cette poudre doit être très dangereux.

Séranine ou poudre de Horseley.

Mélange de nitroglycérine et de chlorate de potassium.

Voilà un mélange constitué contre toutes les règles de la prudence.

Poudre Hercule.

Nitroglycérine	77
Carbonate de magnésium	20
Cellulose	2
Azotate de sodium	1

Gélignite.

Nitroglycérine	56,5	56,20 (Arendonck)
Coton-poudre collodion	3,5	1,80
Bois pulvérisé (farine de bois)	8,0	10,08
Nitrate de potassium	32,0	»
Nitrate de sodium	»	31,29
Carbonate de soude	0,63	0,63

Carbodynamite (Boland et Reid).

Nitroglycérine	90
Charbon de bois de liège	10

Le charbon de bois est fabriqué avec du liège; ce qui lui donne beaucoup de volume et une porosité remarquable; on peut ajouter ou non du carbonate de sodium ou du carbonate d'ammonium comme neutralisant.

Méganite (Schucker et Cie).

	N° 1	N° 2	N° 3
Nitroglycérine	60	38	7
Nitrocellulose de bois	10	6	9
Nitrocellulose de corozo	10	6	9
Poudre spéciale	20	50	75

La poudre spéciale est :

Pour le n° 1 : du nitrate de sodium seul.

Pour les nos 2 et 3 :

Azotate de sodium	75
Carbonate de sodium	1
Farine de bois ou de riz	24

Oriasite.

C'est la méganite dans laquelle on ne fait usage que de cellulose de bois nitrée.

Poudre de Cologne-Colonia pulver (frères Wasserfuhr, Cologne).

Nitroglycérine	30 à 35
Poudre de mine	70 à 65

Elle exige pour détoner une amorce très forte.

Dualine de Dittmar.

C'est une dynamite dans laquelle le corps absorbant est de la sciure de bois transformée en nitrocellulose.

Nitrosciure de bois fine .	30	(quelquefois non nitrée).
Salpêtre	20	
Nitroglycérine	50	

Elle est moins sujette à la gelée; même durcie, elle n'exige pas une forte amorce.

Paléine ou dynamite paille (Langfrey).

C'est de la paille transformée par l'attaque de l'acide sulfonitrique en fulmi-paille qui est imbibée de nitroglycérine.

On additionne quelquefois d'une poudre ternaire : salpêtre, soufre, fécule.

Paléine C =	Nitroglycérine		35
	Fulmi-paille. . . .	18,572	65
	Salpêtre	32,500	
	Soufre en fleur . . .	4,643	
	Fécule	9,285	
			100

C'est un produit stable, peu sensible au choc. On peut rendre la paléine à 40 % de NG, insensible au choc d'une balle par l'incorporation d'un hydrocarbure; elle peut ainsi servir aux usages militaires. Elle est très peu sensible au choc de la balle à faible vitesse.

La paléine résiste assez bien au froid. C'est un excellent explosif; elle demande, pour la conservation, un magasin sec.

ate. Elle sub...
ellulose par la nitroglycerin...
cartouches fraîches détonaient avec la cap...
18 mois de conservation, il fallait des capsules de 2 gramm...
, un grave défaut.

dre de Vulcain (W. Warren).

Nitroglycérine	30
Nitrate de sodium	52,5
Soufre	7,0
Charbon	10,5

Dualines américaines.

	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5
Nitroglycérine	60	45	50	65	20
Coton poudre	"	"	15	"	"
Cellulose nitrée	40	30	15	30	70
Salpêtre	"	"	20	"	"
Nitrate de baryum	"	25	"	"	1
Résine	"	"	"	5	

Vigorite (Nordenfeldt).

Nitroline	25 à 30
Cellulose nitrée	15 à 35
Salpêtre	15 à 35
Chlorate de potassium	10 à 30

La nitroline est de la nitroglucose.

Fulgurite.

Nitroglycérine	60
Farine de froment et magnésie	40

Poudre ternaire du laboratoire du Comité autrich

Cellulose imprégnée de nitre	1
Salpêtre	3
Nitroglycérine	3

Cette poudre ne détone pas par les capsules ordinaires. Il faut une capsule renforcée. Elle est peu sensible aux chocs; peu influencée par le froid, moins active que la dynamite Kieselguhr. La sciure de bois ou la cellulose absorbe mal la nitroglycérine, d'où peuvent naître des dangers.

Poudre atlas (Atlas Powder), usines de Repauno (New Jersey).

	A	B
Nitroglycérine	75	50
Bois nitrifié.	21	14
Azotate de sodium. . .	2	34
Carbonate de magnésium.	2	2

Poudre géant.

Nitroglycérine	36
Salpêtre	48
Soufre	8
Résine ou charbon de bois	8

Dynamite rhénane.

Nitroglycérine	67,90
Naphtaline	2,10
Chaux.	3,00
Sulfate Ba	7,00
Kieselguhr	20,00

Rendrock.

Nitroglycérine	20	40	60
Coton-poudre	"	13	"
Azotate de potassium ou de sodium	61,50	40	30,80
Soufre	7,40	"	3,70
Paraffine	11,10	7	5,50

Poudre mica.

Nitroglycérine	52
Mica	48 Ce doit être bien mauvais.

Glyoxiline (Abel).

Nitroglycérine	65,5
Fulmi-coton	30
Azotate de potassium . .	2,5
CO^3Na^2.	1

§ 4. — DYNAMITES AU FULMI-COTON.

326. Dans les compositions de dynamites, nous avons vu précédemment plusieurs fois de la cellulose, nitrée par l'acide sulfo-nitrique, intervenir en tout ou en partie comme corps absorbant. Le mélange de coton-poudre et de nitroglycérine est rationnel; le coton-poudre est un explosif du même genre que la nitroglycérine, il a les mêmes allures et fait explosion sous les mêmes influences, avec à peu près la même énergie.

La nitroglycérine dégage, parmi les produits de sa décomposition, de l'oxygène; tandis qu'au contraire le coton-poudre dégage de l'oxyde de carbone. Les deux explosifs se complètent par conséquent et leur mélange, fait en proportion convenable, donne un corps d'une énorme énergie et à combustion complète.

Suivant l'espèce de coton-poudre dont on fait usage, on peut obtenir plusieurs variétés de dynamites. Nous verrons plus loin, à l'étude du coton-poudre, que celui-ci peut renfermer plusieurs molécules du radical AzO^2. La formule générale est :

$$C^{24}H^{40-n}(AzO^2)^nO^{20},$$

n peut avoir les valeurs $n = 11, 10, 9 \ldots 3, 2, 1, 0$.

Les variétés dans lesquelles $n = 11$ et 10 ne sont pas solubles dans la nitroglycérine; au contraire, les fulmi-cotons pour lesquels $n = 9$ et 8 sont solubles dans la nitroglycérine chauffée à 70° c.

327. Dynamite au coton-poudre. — Trauzl mélangea, dès 1867, du coton-poudre en pâte avec de la nitroglycérine; il reconnut que ce mélange n'est pas altéré par l'eau, qu'à l'état humide il perd son inflammabilité; à 10 °/₀ d'eau, il n'est plus sensible au choc et exige,

pour détoner, une forte capsule au fulminate de mercure. Cette dynamite fait faire explosion à la dynamite gelée, elle sert souvent d'amorce (n° **319**).

Il existe aujourd'hui une grande variété de mélanges de nitroglycérine et de nitro-coton auxquels on ajoute encore différentes matières dans le but de rendre l'explosif moins brisant et surtout moins couteux, telles que des nitrates, de la farine de bois, de la dextrine, etc., etc.

Nous entendrons par le nom de dynamite-gomme, gomme explosive ou simplement gomme, les associations de nitroglycérine et de nitro-coton.

Nous réserverons les noms de dynamite gélatine, nitrogélatine ou simplement gélatine aux gommes additionnées d'autres substances.

328. Gomme explosive; dynamite-gomme. Brevet de 1875 (Blasting gélatine). — C'est Nobel qui découvrit qu'une variété de coton-poudre est soluble dans la nitroglycérine chaude ; c'est le coton-poudre pour collodion ($n = 8$ ou 9) dont les photographes firent autrefois un si grand usage. Le mélange forme un corps d'une nature gélatineuse, translucide, d'un jaune clair.

La puissance est supérieure à celle de la dynamite ordinaire, elle résiste bien à l'action massive de l'eau et n'est pas sujette à laisser suinter la nitroglycérine par de fortes pressions.

Elle marque un progrès important dans l'industrie des dynamites, et a détrôné la dynamite guhr.

Composition.

Nitroglycérine	93	90	91,6
Coton-poudre soluble	7	10	8,4

Pour la fabrication, on verse dans un pétrin en cuivre la nitroglycérine, puis le coton-poudre pulvérulent et bien sec. Le pétrin est chauffé par-dessous au moyen d'une circulation d'eau chaude de 50° à 70° c. Des thermomètres indiquent la température. Au moyen d'une petite rame en bois, l'ouvrier remue la masse qui devient de plus en plus visqueuse, puis il l'abandonne à elle-même pendant une heure à la température du pétrin.

S'il est nécessaire, on ajoute alors les autres matières (nitrates, cellulose, etc.) et on pétrit soigneusement à tours de bras. Enfin, on porte les pains à l'encartouchage.

Suivant la quantité de coton-poudre ajouté, on obtient une matière plus ou moins sèche, plus ou moins plastique.

Pour l'encartouchage, on fait usage de presses analogues à celles employées pour la dynamite-guhr. L'effort nécessaire est un peu plus considérable; on fait surtout usage des presses à hélice.

Elles consistent essentiellement en un cylindre de bronze horizontal dans lequel se meut une hélice. Le cylindre est surmonté d'un réservoir vertical qui reçoit la pâte. Celle-ci est refoulée dans l'hélice au moyen d'un piston plein chargé de poids, au bout d'un levier. La pâte est refoulée par l'hélice vers l'extrémité du cylindre terminé en entonnoir d'où la dynamite-gomme sort sous la forme d'un boudin que l'on coupe à longueur. L'appareil possède souvent deux tubes mouleurs.

On enveloppe de papier parchemin et on emballe.

Propriétés. — La dynamite-gomme se présente sous la forme d'une masse gélatineuse plus ou moins molle, de couleur jaune d'ambre, un peu translucide. D = 1.5 à 1.6. Explose vers 204°. Elle est plus difficile à faire détoner que la dynamite-guhr. Elle exige un détonateur d'au moins 1 gramme. Elle fait explosion sous le choc d'une balle, ce qui en rend l'emploi difficile sur les champs de bataille.

D'après certaines observations, les dynamites-gommes gelées seraient plus sensibles au choc d'une balle que celles non gelées; nous avons vu que c'est le contraire avec la dynamite-guhr. Des explosions ont eu lieu en chargeant des trous de mine avec des gélatines gelées ou mi-gelées. Il faut toujours les dégeler dès que la température descend en dessous de + 7° c.

La gomme se conserve bien sous l'eau : cependant, au bout d'un certain temps, la surface devient laiteuse.

Composition théorique. — Il est facile de calculer les proportions des deux explosifs à mettre en présence pour avoir la combustion complète.

Le coton-poudre (n = 8) donne :

$$C^{24}H^{32}Az^{8}O^{36} = 6\,CO^{2} + 18\,CO + 6\,H^{2}O + 10\,H^{2} + 4\,Az^{2}$$

il manque 28 atomes d'oxygène; or la nitroglycérine donne :

$$2\,C^{3}H^{5}Az^{3}O^{9} = 6\,CO^{2} + 5\,H^{2}O + 3\,Az^{2} + O.$$

Les proportions pour la combustion complète seront donc données par l'équation :

$$\underset{1008}{C^{24}H^{32}Az^{8}O^{36}} + \underset{12712}{56\,C^{3}H^{5}Az^{3}O^{9}} = 192\,CO^{2} + 156\,H^{2}O + 88\,Az^{2}.$$

Le calcul par les poids atomiques donne :

Coton-poudre	1008 ou	7,29
Nitroglycérine	12712	92,71
		100,00

D'après cette formule, les éléments de la force sont :

$m = 13720$	$V_m = 9731,5$ litres.
$Q_{mp} = 21038$ cal. (k-d).	$V_k = 710$ litres.
$Q_{mv} = 21275$ cal.	$t = 3213°$.
$Q_{kp} = 1533$ cal. (k-d).	$f = 9396$ kg.
$Q_{kv} = 1551$ cal. (k-d).	$\alpha = 0,710$.
$W = 659175$ kgm.	

100 gr. de gomme équivalent à 130 - 150 gr. de guhr.

Gélatine-dynamite. — Voici une variété :

	N° 1.	N° 2.
Matière A.	65	45.
Matière B.	35	55.

	Matière A.	Matière B.
Nitroglycérine	97,5	"
Coton-poudre soluble	2,5	"
Salpêtre	"	75
Farine de bois	"	24
Carbonate de soude	"	1

Dynamite-gomme jaune (Société française des explosifs).

Coton-poudre octonitrique	8.
Nitroglycérine	92.

$$C^{24}H^{32}Az^{8}O^{36} + 51\,C^{3}H^{5}Az^{3}O^{9} = 174{,}5\,CO^{2} + 2{,}5\,CO + 143{,}5\,H^{2}O + 80{,}5\,Az^{2}.$$

Dynamite-gomme blanche.

Coton-poudre octonitrique.	5
Nitroglycérine	82
Nitrate de soude.	12

$$73{,}5C^{3}H^{5}Az^{3}O^{9} + C^{24}H^{32}Az^{8}O^{36} + 28{,}5AzO^{3}Na =$$
$$28{,}5NaO + 244{,}5CO^{2} + 199{,}75H^{2}O + 33{,}8O^{2} \times 128{,}5Az^{2}.$$

329. Gélatine explosive de guerre. — La dynamite-gomme détonant par le choc d'une balle, on a cherché à augmenter son insensibilité; on est arrivé au but en dissolvant dans la nitroglycérine, en même temps que le coton-poudre, une proportion très faible de camphre. Les proportions employées sont :

Nitroglycérine	86,40
Coton-poudre soluble	9,60
Camphre	4,00
	100,00

(Le camphre peut être remplacé par un hydrocarbure.)

Cette petite quantité de camphre suffit pour rendre la gélatine explosible insensible au choc d'un projectile tiré à faible distance. Au lieu de camphre, on peut employer des hydrocarbures comme la benzine, la nitrobenzine, etc.

Propriétés. — Elle se présente sous la forme d'une masse gélatineuse, élastique, transparente, jaune-pâle, d'une densité 1,6. Elle peut se couper au couteau et ne laisse pas suinter la nitroglycérine par les plus fortes pressions. A l'air libre, elle brûle vivement, mais sans détoner; en vase fermé non résistant, elle soulève le couvercle et brûle sans explosion.

Une composition contenant 10 % de camphre et soumise pendant

8 jours à 70° c. ne fait pas explosion et ne montre aucune apparence de décomposition, une partie du camphre et de la nitroglycérine se volatilise.

La gélatine explosive sans camphre chauffée lentement détone à 204° et rapidement à 240°.

Additionnée de 10 % de camphre, elle ne détone plus par une chauffe lente, mais elle déflagre avec production d'étincelles. Il faut la chauffer rapidement à une température élevée pour qu'elle détone.

A cause de sa texture élastique, ce qui la rend bonne conductrice des vibrations, elle demande un choc spécialement énergique pour détoner. Le choc produit par l'amorce ne se concentre pas au point frappé mais se répand dans toute la masse. Peut-être cela provient-il aussi d'une augmentation de la chaleur spécifique du mélange. Le choc de la capsule se transformant en chaleur, laquelle cause l'explosion, il est évident que le choc doit être d'autant plus violent que la chaleur spécifique est plus considérable.

Ces circonstances la rendent très peu sensible aux explosions par influence.

Cela a une certaine importance pour la défense des côtes. Des lignes entières de torpilles chargées avec du coton-poudre peuvent être détruites au moyen de torpilles d'attaque chargées du même explosif et qui détonent dans leur voisinage ; or, le coton-poudre est incapable de faire détoner la gélatine explosive. Il faut évidemment tenir compte, dans ces circonstances, du fait qu'une explosion peut entraîner l'explosion par l'influence de l'amorce, ce qui rendrait vaines toutes les précautions prises pour rendre la charge principale peu sensible aux chocs.

Il résulte d'expériences faites en France que, par le froid, le camphre n'apporte aucun changement à la sensibilité de l'explosif sous l'influence du détonateur.

Cartouche d'amorce. — Elle se compose de :

Nitroglycérine . . .	60	Dynamite Trauzl.
Nitrohydrocellulose . .	40	

Cette nitrohydrocellulose, que nous étudierons au chapitre coton-poudre ne se gélatinise pas avec la nitroglycérine.

On charge la cartouche d'amorce de 20 grammes de ce mélange; on amorce avec une capsule au fulminate de mercure.

En fait, ce détonateur est un mélange de coton-poudre endécanitrique et de nitroglycérine.

La formule de détonation est la suivante (combustion complète) :

$$C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11}O^{20} + 41C^3H^5(AzO^2)^3O^3 = 147CO^2 + 117H^2O + 67Az^2.$$

Ce qui donne la proportion :

Coton-poudre.	11
Nitroglycérine	89

Seulement ce mélange suinte, c'est pourquoi on augmente en pratique la quantité de coton-poudre.

Les éléments de la force de ce mélange sont :

m	=	10450 gr.	V_m	=	7385,9
Q_{mp}	=	15985,4 cal.	V_k	=	706,97
Q_{mv}	=	16174,8	t	=	3214°
Q_{kp}	=	1529,79	f	=	9368 kg.
Q_{kv}	=	1547,83	α	=	0,706
W	=	657629 kgm.			

Ce mélange dégage plus de chaleur et de gaz que la nitroglycérine pure. Le potentiel et la force explosive sont aussi plus considérables. Seulement, comme nous l'avons dit, le maniement de ce mélange est dangereux.

330. Essais divers faits avec la gélatine explosive de guerre. — *Action de l'eau.* — La gélatine explosive ne subit pas d'altération par une submersion dans l'eau pendant 48 heures; la couche extérieure est un peu dissoute, mais l'attaque s'arrête à une faible profondeur; en somme, la matière se conserve mal dans l'eau après une submersion assez longue.

Action de la chaleur. — On a fait des essais comparatifs avec la dynamite Kieselguhr. On a chauffé les deux explosifs à 70° c. dans des éprouvettes. Au bout de 8 jours, le Kieselguhr n'avait donné

lieu à aucun dégagement de vapeurs acides; pour la gélatine explosive, le dégagement eut lieu au bout de 7 jours.

Congélation et dégel. — La gélatine explosive gèle plus difficilement et le dégel se fait plus vite sans suintement ni écoulement de nitroglycérine, ce qui la rend supérieure à la dynamite Kieselguhr. Gelée, la gélatine explosive perd son élasticité et devient plus sensible aux chocs. On a tiré contre la gélatine à 4 °/₀ de camphre non gelée; elle ne détonait pas sous le choc de la balle à 25 m.; gelée, elle détonait.

Expériences de tir. — On a fait une série d'expériences en tirant sur la gélatine explosive de guerre à la distance de 25 mètres. Voici quelques résultats :

1° La gélatine molle contenant 4 °/₀ et même 1 °/₀ de camphre, soumise au tir normal, résiste complètement aux coups.

2° Il n'en est pas de même de la gélatine explosive avec 4 °/₀ de camphre appuyée contre une plaque de fer et de la gélatine gelée contenant 1 °/₀ de cette substance fixée directement à la cible de bois.

3° Une planche, épaisse de $0^{m},026$, placée devant la charge, paraît modérer assez le choc de la balle, pour ne pas faire détoner de la gélatine explosive à 1 °/₀ de camphre. Cela permettrait le chargement de cet explosif dans des caissons.

4° Le choc des balles ne peut plus déterminer l'explosion de la gélatine molle contenant au moins 1 °/₀ de camphre, après un grand nombre de coups tirés consécutivement, lorsque la charge est placée directement contre une muraille de bois.

5° La gélatine gelée, placée dans les mêmes conditions que ci-dessus, est sensible aux chocs des balles, tant que la proportion de camphre n'est pas inférieure à 4 °/₀.

Force. — La gélatine explosive est, à égalité de poids, plus forte que la meilleure dynamite Kieselguhr. La congélation ne paraît pas diminuer sa force brisante. La densité de la gélatine est 1,6; celle du Kieselguhr, en moyenne, 1,4; le rapport des puissances brisantes des deux explosifs, à volume égal, sera donc encore en faveur de la gomme explosive.

Pour le coton-poudre comprimé, sa force brisante est, à égalité de poids, celle de la dynamite; sa densité est sensiblement 1,16. La gélatine explosive l'emporte donc sur le coton-poudre.

Action du feu. — La gélatine brûle facilement; en grande masse, elle explose.

Stabilité. — Elle est moins stable que la dynamite Kieselguhr; à la longue, une décomposition s'opère, elle devient acide, laisse suinter de la nitroglycérine et devient alors sensible au choc d'une balle.

Un accident arriva ainsi au fort de Cuburtino, près de Rome. Le prince de Naples assistait à des expériences de gélatine explosive. Il s'agissait de démontrer que la gélatine-dynamite, préparée pour être transportée dans des sacs de soldats, ne pouvait pas faire explosion par la percussion d'un coup de fusil; cette expérience, répétée maintes fois, avait toujours eu un résultat parfait.

Le colonel Benedicti avait donc la conviction que son auguste élève pouvait y assister sans courir le moindre danger; mais une cartouche de gélatine, frappée par une balle, éclata. Le prince de Naples fut blessé à la cuisse; le général D'Oncieux à la main et au bras; le colonel Benedicti reçut trois blessures à la tête, au bras droit et à la jambe gauche; plusieurs autres officiers furent grièvement touchés.

Obus chargés à la gélatine explosive. — Des expériences, faites en 1885, prouvèrent la possibilité de l'emploi de cet explosif dans les obus lancés avec de grandes vitesses initiales. Les tirs se firent avec un canon Nordenfeldt de 6 livres allongé. Les obus étaient chargés avec de la gélatine explosive à 95 % de nitroglycérine, les projectiles étaient en fonte avec fusée au culot. Six coups furent tirés avec la vitesse initiale de 600 mètres, il n'y eut pas d'éclatement prématuré.

Des poudres analogues sont actuellement employées comme poudres de propulsion sans fumée; telle est la *balistite*, composée de :

Nitroglycérine.	50
Coton-poudre	50

Nous les étudierons plus loin.

En somme, la gélatine explosive, tout en étant une des matières les plus énergiques que l'on connaisse, n'a pas donné jusqu'ici des preuves suffisantes d'une conservation sûre pour les usages militaires. A la dose de 4 % de camphre, nécessaire pour la rendre réfractaire aux chocs des balles, elle est d'une inertie telle qu'on n'a jamais la

certitude absolue de la faire détoner, même avec les amorces les plus énergiques; c'est là un défaut sérieux : à la guerre, l'explosif doit détoner sûrement et par des moyens simples.

Gélatines explosives.

331. On a introduit actuellement un très grand nombre de dynamites gélatines. Elles offrent sur les dynamites à la guhr le grand avantage de fixer d'une façon plus parfaite la nitroglycérine; c'est sous ce rapport un grand progrès.

Nitrogélatine.

Nitroglycérine gélatinisée .	65	45
Mélange sec	35	55

La nitroglycérine gélatinisée se compose de :

Nitroglycérine.	97,5
Coton-poudre soluble . .	2,5

Le mélange sec :

Salpêtre.	75
Sciure de bois (farine) . .	24
Carbonate de sodium . .	1

On voit que la nitroglycérine est gélatinisée avec une faible quantité de coton-poudre. La nitroglycérine a été simplement épaissie et incorporée à une matière pulvérulente, elle a moins de tendance à suinter. Ces nitrogélatines sont donc, sous ce rapport, spécialement à faire remarquer.

La farine de bois est séchée à fond avant l'incorporation dans des tonnes chauffées; or il arrive que la farine se torréfie légèrement et se charge d'acide acétique (pyroligneux). Quoique cet acide ne constitue pas un germe de décomposition, il faut éviter sa présence attendu qu'il abaisse l'épreuve de chaleur par son action sur le papier réactif à l'iodure de potassium, ce qui peut être un motif de rejet de l'explosif.

On a aussi émis l'idée, un peu excessive peut-être, qu'il se forme encore de l'alcool méthylique et quand l'explosif renferme du carbonate de soude, il se fait que, par la présence de l'alcool, l'alcali décompose plus facilement l'explosif.

332. Forcites de Lewin. — *Forcite supérieure.*

Nitroglycérine.	65	à	75
Cellulose		4	
Dextrine		3	
Poudre de mine	20	à	30

La cellulose est obtenue en traitant le coton par un mélange d'acétate de sodium et d'acide sulfurique. On lave à grande eau. Cette cellulose acétique est pulvérisée dans une pile à papier, elle est en partie soluble dans la nitroglycérine et forme avec elle une espèce de collodion qui retient parfaitement la nitroglycérine.

Forcite n° 1. — C'est la forcite supérieure à 48 % de nitroglycérine.
Forcite n° 2. — „ „ 30 % „
Forcite n° 3. — „ „ 20 à 25 % „

Forcites de Baelen-sur-Nèthe.

	Forcite extra	Extra	Forcite supérieure	Super F.	Forcite n° 1	N° 1 P.	Forcite n° 2	N° 2 P.
Nitroglycérine	64,0	74	64,0	64	49,0	49	36,0	36
Nitrocellulose	3,5	6	3,0	3	2,0	2	3,0	36
Farine de bois sèchée	6,5	5,5	8,0	9	13,0	11	11,0	2
Nitrate d'ammoniaque	25,0		„		„		„	
Nitrate de soude	„		24,0		36,0		35,0	
„ de potasse		14		23		37		46
Son de seigle	„		„		„		14,0	15
Magnésie	1,0	0,5	1,0	1	„	1	1,0	1

Ce sont des matières jaunâtres gélatineuses qui se tassent dans les trous de mine.

Ces forcites sont actuellement beaucoup employées.

Forcite américaine.

Nitroglycérine	7,90	à 70
Nitrocellulose	0,10	4
Absorbant	92,00	20

Composition de l'absorbant :

Nitrate de soude	320
Soufre	36
Colophane	14
Goudron de bois	10

Nitrolite (Carl Lamm).

Nitroglycérine gélatinisée	nitroglycérine . . .	99 à 94
	coton-poudre soluble.	1 à 6
Mélange sec.		50 à 160

Le mélange sec se compose de nitrate d'ammonium, de nitrate de sodium, de salpêtre et de charbon de bois léger. C'est une substance plastique, hygroscopique, peu brisante, qui donne de bons effets dans les mines.

Dynamite-gomme de Matagne-la-Grande.

Nitroglycérine	87
Nitrocellulose	13

Dynamite-gélatine.

Nitroglycérine	67
Salpêtre	20
Nitrocellulose	3
Cellulose.	10

Gélignites.

Nitroglycérine	58,6	60,51
Nitrocellulose	2,5	4,88
Pulpe de bois	8,0	7,18
Nitrate de soude	31,0	—
Nitrate de potasse . . .		27,48

Pour l'exportation, on remplace le nitrate de soude par le nitrate de potasse à cause de l'hygroscopicité.

Gommes de sûreté (usine de Cugny).

	Gomme NP	Gomme NS
NG.	25	25
CP soluble	1	1
NO^3Am	64	64
NO^3K	10	»
NO^3Na	»	10

Mémorial, T. XI, p. 50.

Grisoutines (Cugny).

	A	B	C	D
Nitrate Am	90,45	94,000	88,00	80,00
Résine	4,55	»	»	»
NG	4,85	5,875	11,75	19,50
CP soluble	0,15	0,125	0,25	0,50

Mémorial, T. XI, p. 51.

Dynamites autorisées en France.

Dynamite gélatinée n° 2a	NG	50
	CP soluble . .	1,5
	NO^3K	42
	Cellulose. . .	6,5
Dynamite gélatinée n° 2b	NG	45
	CP soluble . .	3
	NO^3K	42
	Cellulose. . .	10
Dynamite gélatinée n° 2c	NG	43
	CP soluble . .	2
	NO^3K	41
	Cellulose. . .	14
Dynamite n° 1 à l'ammoniaque	NG	40
	Nitrate Am . .	45
	» Na . .	5
	Cellulose . .	10

Dynamite 2a à l'ammoniaque	NG	20
	Nitrate Am . .	75
	Cellulose . .	5
Dynamite 2b à l'ammoniaque	NG	22
	Nitrate Am . .	75
	Charbon de bois	5
Dynamite n° 2 (Type spécial pour exportation)	NG	40
	Cellulose. . .	17
	Nitrate . . .	43
Grisoutine A	Nitrate Am . .	90,45
	Résine . . .	4,55
	NG	4,85
	CP soluble . .	0,15
Grisoutine B	Nitrate Am . .	94
	NG	5,875
	CP soluble . .	0,125
Grisoutine C	Nitrate Am . .	88
	NG	11,75
	CP soluble . .	0,25
Grisoutine D	Nitrate Am . .	80
	NG	19,50
	CP soluble . .	0,50

Gomme D de Cugny.

NG	69,50
Salpêtre.	24,75
CP	4,50
CO^3Na^2	0,25

Gomme D de Cugny.

NG	49
CP	2
NO^3Na	36
Farine de bois.	10
Farine de blé	3

Grisoutine gomme de Cugny.

NG	30
Essence de térébenthine	3,5
SO^4Mg	25,0
CO^3Na^2	0,5
NO^3K	40,0

Grisoutine d'Ablon dite B.

NG	11,76
NO^3Am	88,00
CP	0,34

Dynamites de Cugny.

1° Gélatine dynamite M^a (formule anglaise)	Nitroglycérine	74,0	Résiste peu l'exsudatio l'épreuve compressic
	CP soluble	4	
	AzO^3K	11,0	
	Cellulose	10,5	
	CO^3Mg	0,5	
2° Dynamite gélatine n° 2^a	NG	50,0	
	CP sol	1,5	
	AzO^3K	42,0	
	Cellulose	6,5	
3° Dynamite gélatinée n° 2^b	NG	45.0	
	CP sol	2,0	
	AzO^3K	42,0	
	Cellulose	10,0	
4° Dynamite gélatinée n° 2^c	NG	43.0	
	CP sol	2	
	AzO^3K	41	
	Cellulose	14	
5° Dynamite n° 1 à l'ammoniaque	NG	40	
	AzO^3Am	45	
	AzO^3Na	5	
	Cellulose	10	

6° Dynamite n° 2ᵃ à l'ammoniaque	NG	20
	AzO^3Am . . .	75
	Cellulose . .	5
7° Dynamite n° 2ᵇ à l'ammoniaque	NG	22
	AzO^3Am . . .	75
	Charbon de bois	3
8° Dynamite n° 2 (type spécial pour l'exportation)	NG	40
	Cellulose . .	17
	AzO^3K . . .	43

Les dynamites au nitrate d'ammoniaque ou de soude devraient avoir un séjour limité en magasin de 3 mois au maximum.

Tremonil § II.

Dinitroglycérine	33,0
CP soluble	1,0
Farine.	12,8
Trinitrotoluol	2,5
Kochsalz	55,0
Salpêtre ammoniac	26,5
	100

Nous examinerons plus loin diverses dynamites destinées au tirage des mines dans les houillères grisouteuses.

333. Explosif Abel-Dewar. — Sir Frédéric Abel et le professeur James Dewar fabriquent des dynamites-gélatines en faisant usage d'un dissolvant gélatiniseur autre que la nitroglycérine chaude. Nous avons dit que le coton-poudre peu nitré est seul soluble dans la nitroglycérine; il était désirable de pouvoir associer, à ce liquide explosif, les variétés les plus violentes de fulmi-coton; on y parvient par l'éther acétique. On mêle à la nitroglycérine $\frac{1}{6}$ de son poids d'éther acétique, puis on y incorpore un poids égal à celui de la nitroglycérine, de coton-poudre sec. On malaxe à la température de 25° ou même à froid jusqu'à ce que la masse prenne une consistance gélatineuse épaisse. Cette pâte est trans-

formée en feuilles, plaques, cubes ou cordons qui deviennent durs par l'évaporation de l'éther acétique.

Il est clair qu'on peut faire varier les proportions du mélange de coton-poudre et de nitro-glycérine et la manière de fabriquer l'explosif. On peut dissoudre d'abord le coton-poudre dans l'éther acétique, puis mêler à la nitro-glycérine; on peut, dans le but de diminuer la violence de l'explosif, y ajouter du graphite, du noir de fumée, de la cellulose, du brai, de la résine, etc.

Il y aurait lieu d'examiner si l'emploi de l'éther acétique, ordinairement acide (à l'air humide, il se transforme en alcool et en acide acétique), n'est pas une cause de décomposition spontanée de la gélatine-gomme. Ce mélange Abel-Dewar forme la base d'une poudre sans fumée en usage dans plusieurs pays et d'un haut potentiel (voir Cordite).

§ 5. — RÉCEPTION, ÉPREUVES ET ANALYSES DES DYNAMITES.

334. — 1° Il faut vérifier la forme, les dimensions, le poids des cartouches et examiner si le papier parchemin enveloppe n'est pas gras, signe d'un suintement de nitroglycérine.

Une cause d'exsudation de la nitroglycérine dans les composés gélatineux (Moniteur-Quesneville, Janvier 1906). — M. Napier Hake a observé que certains papiers parchemins absorbent la NG. En examinant à la loupe certaines cartouches on aperçoit de minuscules gouttes de NG sur l'extérieur des enveloppes. Cela provient de la nature du papier parcheminé; celui-ci doit être fabriqué avec du papier de chiffons de coton et exempt de matières telles que la pâte de bois qui charbonne sous l'action de l'acide sulfurique formant de petits trous dans les papiers terminés.

On peut reconnaître la ligno-cellulose en plongeant le papier dans un lait de chaux pendant 4 heures : elle brunit.

Plongé dans une solution aqueuse de chlorure ferrique et de ferricyanure K pendant 5′, le papier prend une teinte bleu foncé L'autre papier pur ne change pas.

Réaction colorée des matières ligneuses : analyse du papier

Kaiser). — Les matières ligneuses donnent naissance, sous l'influence de SO^4H^2, à du furfurol qui produit avec l'éther amylsulfurique des colorations intenses. L'auteur a basé sur cette réaction une méthode de recherche des matières ligneuses applicable aisément à l'analyse du papier. Le réactif l'éther amylsulfurique se prépare en chauffant à 90° des volumes égaux d'alcool amylique pur et d'acide sulfurique concentré jusqu'à ce qu'il se produise un faible dégagement gazeux. Une goutte de ce réactif déposée sur la matière à examiner donne une coloration qui est d'abord rouge, qui passe ensuite au violet et qui peut aller à l'indigo foncé selon la quantité de matière ligneuse en présence.

2° **Épreuve d'acidité.** — Cette épreuve doit être faite au moins tous les six mois; on coupe une cartouche en deux et, entre les deux morceaux, on met une bande de papier de tournesol bleu humide. Elle ne doit pas rougir. Dès que la dynamite est acide, il faut la détruire.

Mon collègue, M. Crismer, signale la diazorésorcine de Weselsky (résazurine de R. Nietzki) comme un indicateur remarquable et beaucoup plus sensible que le tournesol.

On ajoute 45 gouttes NO^3H (D = 1,25), saturé de vapeurs nitreuses à une solution de 4 gr. de résorcine dans 200 cc. d'éther anhydre. Après repos de deux jours on sépare les cristaux qu'on lave à l'éther tant que ce dernier se colore en bleu.

On trempe du papier à filtrer dans la solution de résazurine et on coupe en bandelettes. Le corps bleuit par les alcalis et rougit par les acides.

Hygroscopicité. — On soumet une cartouche de dynamite à l'air humide, par exemple, sous une cloche contenant une capsule remplie d'eau. La dynamite ne doit donner aucun signe de déliquescence.

Il faut se méfier, à cet égard, des dynamites renfermant des substances hygroscopiques telles que les nitrates de soude et surtout d'ammonium.

Dosage de l'eau. — On sèche la dynamite à 30° c. ou mieux au vide sec. On pèse un poids de 10 grammes qu'on réduit en grumeaux et qu'on soumet à la dessiccation.

Comme corps absorbant l'humidité, il faut donner la préférence au chlorure calcique et éviter l'acide sulfurique qui, en cas de chute de l'essai dans le liquide, pourrait occasionner une explosion.

Après cessation de perte de poids, on abandonne l'essai 4 à 5 heures à l'air et on pèse.

Résistance au choc. — Aucun dynamite ne résiste au choc d'une balle de fusil.

Épreuve de stabilité. — Nous donnons à titre de renseignement la méthode employée au bureau des explosifs de Londres.

On fait usage d'un papier réactif ioduré : on traite 3 grammes d'amidon blanc bien lavé par 255 grammes d'eau distillée. On agite et on chauffe à l'ébullition; on laisse bouillir doucement pendant 10 minutes, on ajoute une solution de 1 gramme d'iodure de potassium dans 265 grammes d'eau distillée. Dans ce liquide on plonge pendant 10 secondes des feuilles de papier blanc à filtrer préalablement lavées à l'eau et desséchées. On coupe ces feuilles en bandes de 2 centimètres de longueur et de 1 centimètre de largeur qu'on conserve à l'abri de la lumière et de l'humidité.

Ce papier s'altère au bout d'un certain temps. Pour vérifier s'il est encore bon, on laisse tomber dessus une goutte d'acide acétique très dilué. Le papier ne doit ni brunir, ni bleuir.

Pour se servir de ce papier, on fait d'abord une solution de caramel dans l'eau à un degré de concentration tel, qu'en l'étendant de 100 fois son poids d'eau, elle prenne une teinte égale à celle que prend la liqueur dite de Nessler, qui renferme $0^{mmg},014$ de chlorure d'ammonium dans 1000 cc. d'eau.

Puis, à l'aide d'une plume d'oie imbibée de cette solution, on trace des lignes sur des feuilles de papier blanc à filtrer; on sèche et on découpe en bandes comme le papier réactif.

Il faut, pour l'essai, séparer la nitroglycérine de son absorbant. Dans ce but, on place un peu de dynamite guhr dans un tube à essais effilé à un bout et on comprime légèrement, de manière à constituer une espèce de masse filtrante. On verse au-dessus de l'eau distillée un peu chaude (70° c.). L'eau déplace la NG couche par couche et on recueille dans un tube à essais.

On essayera au tournesol si la NG n'est pas alcaline. Si elle l'était, il faut la laver à l'eau jusqu'à parfaite neutralité. En effet, l'alcali absorbe les vapeurs nitreuses qui ne peuvent agir sur le papier réactif; elle est placée ($3^{gr}20$) dans un tube à essai ($D = 15^{mm}$, $L = 120^{m}$) et portée dans un bain-marie double chauffé à 65° au moyen d'un thermo-régulateur. Le tube pénètre de 7 centimètres dans le bain-marie; on le ferme au moyen d'un bouchon traversé par une baguette de verre, à l'extrémité de laquelle on suspend un papier réactif qu'on a préalablement mouillé sur la moitié de sa longueur, avec une solution très étendue de glycérine dans l'eau. Le bord inférieur du papier est la mi-hauteur du tube et la ligne de démarcation, entre la partie sèche et la partie humide, est à 15 millimètres au-dessus du couvercle.

L'épreuve est terminée quand la ligne brunâtre qui se manifeste sur le papier à la limite de la partie mouillée et de la partie sèche présente la même teinte que celle du papier caramel.

La nitroglycérine est considérée comme bien purifiée lorsque le temps nécessaire pour obtenir la teinte type dépasse 15 minutes.

Cette méthode est devenue réglementaire en Belgique (voir plus loin lois et règlements sur les fabriques, les dépôts, etc., des produits explosifs et épreuve de chaleur du coton-poudre).

Essai d'exsudation par pression. — La bonne dynamite ne doit laisser exsuder aucun liquide par une pression modérée; la matière peut être placée dans un tube en laiton percé de petits trous; ce tube est fermé à l'un des bouts par un petit couvercle à frottement. Un piston muni à sa partie supérieure d'un plateau peut comprimer la matière explosive placée au fond du tube. On charge le plateau de poids. La dynamite ainsi refoulée ne doit pas céder de la nitroglycérine (qui apparaît à la surface du tube) sous une pression de 4 à 5 kilogrammes par centimètre carré. Elle ne peut en fait exsuder sous la pression à laquelle elle est soumise lors de l'encartouchage.

On peut encore comprimer entre les buvards qui ne doivent pas se graisser.

Essai d'exsudation par la chaleur et la pression. — Le tube précédent, chargé de dynamite, est chauffé à 55°-60° dans une étuve;

puis on la comprime au moyen du piston; l'explosif ne doit pas donner lieu à la séparation du liquide sous une faible pression.

Essai d'exsudation par l'eau. — On immerge une cartouche de dynamite dans l'eau placée dans un gros tube à essais. La nitroglycérine ne doit pas se mettre en liberté avant 15 à 20 minutes. Cet essai ne sera appliqué qu'aux dynamites qui doivent servir sous l'eau. La dynamite guhr abandonne très rapidement sa nitroglycérine.

Essai d'exsudation par le froid et la chaleur. — On congèle et on dégèle trois fois la dynamite avec les précautions connues. Sous ces influences alternatives de froid et de chaud, la NG ne doit pas suinter.

Analyse d'une dynamite guhr.

336. Dosage de la nitroglycérine. — On place un poids donné (5 grammes) de l'explosif sur un double filtre (deux filtres de poids égaux mis l'un dans l'autre), et on épuise la masse avec de l'éther pur ou de l'alcool méthylique, on reçoit le liquide de lavage dans une capsule tarée, on évapore à 30° c., l'augmentation du poids donne la proportion de nitroglycérine.

(On peut enlever la nitroglycérine au Soxhlet. L'opération est très rapide.)

L'éther peut aussi enlever du camphre, de la paraffine, de la stéarine, des résines, du soufre.

Analyse du corps absorbant. — Le résidu solide, resté sur le double filtre, est séché, puis pesé. Il est ensuite épuisé par l'eau chaude qui dissout les azotates, les chlorates, etc., qu'on dosera. On lave ensuite au moyen de sulfure de carbone, qui enlève le soufre. Pour séparer le charbon de la silice, on incinère les deux corps; le résidu est la silice blanche.

Le microscope aide à reconnaître la nature de la matière absorbante : charbon de bois, laine tontisse, cellulose, etc. Le kieselguhr est reconnaissable à ses carapaces de diatomées, il se reconnaît encore par sa solubilité dans la potasse caustique bouillante, d'où il se précipite en gelée par l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque ou le chlorure d'ammonium. On se rappelle que le Kieselguhr est surtout formé de silice.

La craie se reconnaît par son effervescence avec les acides et par le précipité qu'elle donne (après dissolution dans l'acide chlorhydrique) avec l'oxalate d'ammonium ammoniacal.

La magnésie se qualifie dans la solution acide par le phosphate de soude ammoniacal.

Le kaolin et la cendre de Boghead sont à base d'alumine. On les désagrège avec le flux alcalin et on recherche l'alumine.

L'analyse du corps absorbant peut être parfois assez compliquée. On suivra aussi les indications du n° **255**.

Détermination des substances grasses, résines, soufre. — Ces matières grasses ont été dissoutes en même temps que la nitroglycérine par les lavages à l'éther.

On traite le liquide par une solution concentrée de soude caustique, les résines se combinent; on laisse reposer et on décante la partie supérieure qui contient le savon de résine ; on y ajoute de l'acide chlorhydrique qui précipite la résine; on filtre sur un papier très sec et pesé d'avance ou mieux sur double filtre, puis on pèse.

Pour les matières grasses, on traite le liquide qui reste par du sulfure de sodium à chaud lequel dissout le soufre, les graisses viennent flotter à la surface, on les enlève après refroidissement et on les pèse.

Le soufre est oxydé par l'eau régale et dosé sous forme de sulfate de baryum. On dose la nitroglycérine par différence.

Analyse des gommes explosives et des dynamites gélatines.

337. — Outre les essais que nous avons signalés plus haut, on fait souvent subir aux gommes et aux gélatines l'épreuve dite anglaise de liquéfaction.

Épreuve anglaise. — On découpe un cylindre nettement dans une cartouche de l'explosif; la longueur égale le diamètre. On le fixe sur une base au moyen d'une épingle sur un carton et on expose à la température de 30-33° pendant 146 heures. Il faut que la diminution de hauteur du petit cylindre n'excède pas un quart de pouce (6 mm), que les deux bases soient toujours nettes et qu'il n'y ait aucune trace graisseuse sur le papier.

838. Analyse quantitative d'une dynamite complexe (F.-W. Smith). — Supposons un mélange de :

Nitroglycérine.
Nitrate de sodium.
Pulpe de bois.
Carbonate basique de magnésie.
Kieselguhr.

On pèse 10 gr. dans un verre de montre et on soumet au vide sec. La perte de poids est l'humidité.

On place 10 gr. de dynamite dans un creuset de Gooch ou autre appareil et on épuise par l'éther pur. On lave jusqu'à ce que le liquide filtré n'ait plus le goût sucré de la nitroglycérine. On sèche le résidu de l'extraction à 80° c. pendant 2 ou 3 heures. On pèse. La perte, diminuée de l'humidité, donne la nitroglycérine.

Le résidu est repris par l'eau distillée froide, qui enlève le nitrate de soude; on évapore, on sèche et on pèse le nitrate.

Dans le cas où le nouveau résidu renferme de l'amidon, on continue son lavage au moyen d'acétone, ce qui permet de sécher sans altérer l'amidon. On calcine à basse température après avoir pesé. La perte de poids donne la pulpe de bois, la farine, etc. Un essai à l'iode permet de rechercher l'amidon (ce qui décèle la farine).

Si la substance ne renferme pas d'absorbant terreux, la cendre ne dépasse pas 0,1 %. Si, au contraire, la cendre est abondante, on l'épuise par HCl. La perte exprimée en % est retranchée de la première perte obtenue par calcination. La perte par calcination, diminuée de la perte par épuisement au HCl, est considérée comme étant la pulpe de bois, etc. Le double de ce résultat représente le carbonate basique de magnésie.

Cette méthode permet d'éviter un dosage quantitatif de la magnésie dans l'extrait et repose sur ce fait que le carbonate basique de magnésie, employé comme absorbant, perd pratiquement la moitié de son poids par calcination.

339. Analyse d'une dynamite gélatine. — Supposons qu'il y ait à doser :

Humidité.
Nitroglycérine.
Soufre.
Résine.
Nitrate de soude.
Fulmicoton.
Pulpe de bois.

On dose l'humidité comme précédemment.

On épuise 15 gr. d'explosif au Soxhlet avec du chloroforme. La perte de poids représente la nitroglycérine, le soufre, la résine. Si l'explosif fondait dans le chloroforme chaud, on commence par épuiser dans un becherglass au moyen du chloroforme froid, de manière à extraire la majeure partie de la nitroglycérine.

Le résidu de l'épuisement au chloroforme est traité par l'eau froide, qui élimine le nitrate de soude. On sèche et on pèse.

Le fulmicoton est ensuite extrait par l'acétone; la nouvelle perte de poids est le fulmicoton.

Le nouveau résidu se compose de pulpe de bois et d'absorbants terreux, que l'on traite comme à la dynamite.

Le nitrate de soude est un peu soluble dans l'acétone, c'est pourquoi il doit être enlevé avant le fulmi-coton.

La solution chloroformique est évaporée presque à sec et l'on reprend le résidu par l'acide acétique cristallisable. Le soufre est précipité, on le lave dans un creuset de Gooch d'abord à l'eau, puis à l'alcool fort pour dissoudre la résine.

On détermine la NG en pesant une portion convenable de la poudre (1,2 gr.), que l'on place dans un verre de Bohême avec de l'éther; on traite à plusieurs reprises en remuant. On décante et on laisse évaporer. Au bout de 12 heures, on fait passer le résidu dans le nitromètre avec de l'acide acétique. Il ne faut pas trop d'acide acétique, qui retarde la réaction; trop peu d'acide la rend violente.

Il faut observer que l'évaporation fait perdre 1 °/₀ de nitroglycérine.

340. Variante. — On fait digérer 10 grammes de dynamite dans l'alcool-éther (250 cc. pour 10 gr.) pendant 24 heures : on filtre et on recommence.

Le résidu est composé de sels minéraux et de farine de bois. A la solution on ajoute 100 cc. de chloroforme qui donne un précipité gélatineux de nitrocellulose. On filtre. On reprend le précipité par l'alcool-éther et on retraite par le chloroforme pour éliminer toute la nitroglycérine. On sèche le précipité à 40° c. jusqu'à cessation de perte de poids et on a la nitrocellulose.

Le résidu de la digestion de la dynamite dans l'alcool-éther est presque nul dans le cas d'une gomme (un peu de CO^3Na^2); il est séché à 100° et pesé. Il est plus considérable dans le cas d'une gélignite. Le résidu est bouilli avec de l'eau distillée pour enlever les sels solubles (nitrate et carbonate de soude). On évapore, on sèche à 100° et on pèse.

Si d est la différence de poids et x le poids du CO^3Na^2

on a $$x = \frac{106}{64} d,$$ d'après la formule :

$$CO^3Na^2 + \underset{106}{2NO^3H} = \underset{170}{2NO^3Na} + CO^2 + H^2O;$$

donc $$\frac{x}{d} = \frac{106}{170 - 106}.$$

Pour la nitroglycérine on dose par différence, ou on évapore le liquide qui la contient.

341. — Cas d'une dynamite renfermant de la paraffine, de la résine, du soufre, de la farine de bois, de la poussière de houille, du charbon de bois, du carbonate de magnésie, du chlorate, etc., on agit comme suit :

On traite par l'éther pur pour dissoudre la nitroglycérine, la paraffine, les résines et beaucoup de soufre. On évapore, on sèche et on pèse. On traite ensuite par une solution de soude caustique qui dissout la résine. On laisse reposer et on décante. Le liquide surnageant renferme le résinate de soude qu'on précipite par l'acide chlorhydrique. On filtre sur filtre taré préalablement séché à 100°.

Le résidu obtenu après le traitement pour résine est repris par l'alcool concentré, on décante; il reste un résidu de paraffine et de soufre.

Pour séparer la paraffine du soufre, on traite le mélange à chaud par le sulfate ammonique qui dissout le soufre. On laisse refroidir, on perce la croûte de paraffine, on évacue le liquide, on lave le vase à l'eau, on sèche et on pèse. On détermine le soufre par différence.

Si l'explosif contient du camphre, on traite d'abord par l'éther alcoolisé, puis par CS^2 qui laisse passer dans la solution en même temps que le camphre, la résine, la paraffine, le soufre et un peu de NG. Il suffit d'évaporer pour volatiliser le camphre que l'on dosera par la perte de poids.

Le CS^2 peut séparer la NG du camphre : toutefois la solubilité légère du liquide dans le réactif oblige de faire une seconde séparation et l'on opère comme suit : après traitement par CS^2 et la séparation des deux liqueurs, on chauffe au bain-marie à 60° et on dessèche au $CaCl^2$. De cette manière, le CS^2 et le camphre ayant été volatilisés, on a comme résidu la petite quantité qui s'était dissoute dans CS^2 et on l'ajoutera à l'autre. Il y aura une correction à faire du chef de la NG qui s'évapore en même temps que le CS^2; d'après le capitaine Hess elle est égale à 1,25 % *(Les explosifs nitrés*, Gerald Sanford, traduit par J. Daniel).

CHAPITRE V.

ÉTHERS NITRIQUES DES ALCOOLS TÉTRAVALENTS.

342. On connaît comme alcool tétravalent : l'érythrite $\left\{\begin{array}{l}\text{Erythro-}\\ \text{glucine.}\\ \text{Phycite.}\end{array}\right.$

$$\text{Érythrite :} \quad O^4 \left\{\begin{array}{l} C^4H^6 \\ H^4 \end{array}\right.$$

C'est un corps qu'on extrait des lichens à orseille *(Roccella montagnei)*. Il fournit l'érythrite tétranitrique.

$$O^4 \left\{\begin{array}{l} C^4H^6 \\ (AzO^2)^4 \end{array}\right. \text{ par l'attaque de l'acide sulfo-nitrique.}$$

C'est un corps fusible à 61° qui détone après mélange avec un corps rugueux.

C'est un remède contre l'angine de poitrine. On a compté quelques accidents explosifs dans les pharmacies.

Outre l'érythrite, il existe encore les

Penta érythrite	$C^5H^{12}O^4$
Hexyl érythrite	$C^6H^{14}O^4$
Octyl érythrite	$C^8H^{18}O^4$

343. Nitropenta érythrite. — On laisse en contact 20 p. d'aldéhyde formique, 6 p. d'aldéhyde ordinaire, 900 p. d'eau et 16 p. de chaux. On obtient un produit de condensation, la penta érythrite.

$$4H . COH + CH^3 . COH + H^2O = H . CO^2H + C(CH^2 . OH)^4$$

La chaux fixe l'acide formique engendré par la réaction. Cette matière, attaquée par l'acide sulfonitrique donne un éther tétranitrique $C(CH^2.O . NO^2)^4$, qui se dépose. On filtre, on lave, on neutralise avec CO^3Na^2 étendu.

La nitropenta érythrite fond à 143°; elle est très stable.

On a proposé ce corps pour mêler au coton-poudre dans les poudres sans fumée, mais il coûte cher.

Simplement comprimé et pur, il pourrait servir au tir des armes à feu. La matière n'est pas à combustion complète, mais elle demande moins d'oxygène que le coton-poudre. Elle est intermédiaire entre le coton-poudre et la nitromannite.

CHAPITRE VI.

ÉTHERS NITRIQUES DES ALCOOLS PENTAVALENTS (PENTOLS).

$$C^nH^{2n+2}O^5 = C^nH^{2n-3}(OH)^5.$$

344. — La *pinite* et la *quercite* sont des alcools de cette classe. La pinite existe dans les exsudations concrètes d'un pin de Californie; les Indiens s'en servent comme aliment. La quercite est une matière sucrée qu'on retire des glands.

Leur formule est :

$$O^5 \left\{ \begin{array}{l} C^6H^9 \\ H^5 \end{array} \right. .$$

Ils fournissent, par l'attaque de l'acide sulfo-nitrique, l'éther azotique :

$$O^5 \left\{ \begin{array}{l} C^6H^9 \\ (AzO^2)^5 \end{array} \right. .$$

On connaît encore les pentols suivants :

Arabite	$C^5H^{12}O^5$
Xylite	$C^5H^{12}O^5$
Adonite	$C^5H^{12}O^5$
Rhamite	$C^6H^{14}O^5$

CHAPITRE VII.

ÉTHERS NITRIQUES DES ALCOOLS HEXAVALENTS (HEXOLS).

$C^nH^{2n-4}(OH)^6$.

$$\textit{Mannite} : O^6 \left\{ \begin{array}{l} C^6H^8 \\ H^6 \end{array} \right.$$

345. — La manne est un suc sucré, nauséabond, doué de propriétés purgatives, qu'on extrait du tronc des frênes de la Sicile. Elle contient un principe immédiat cristallisable qui est la mannite. Elle existe dans beaucoup de sucs végétaux.

$$\textit{Nitromannite} : O^6 \left\{ \begin{array}{l} C^6H^8 \\ (A^2O^2)^6 \end{array} \right.$$

On triture dans un mortier une partie de mannite en poudre fine avec un peu d'acide nitrique concentré (D = 1,5). Quand tout s'est dissous, on ajoute un peu d'acide sulfurique, puis alternativement de l'acide azotique et de l'acide sulfurique jusqu'à ce que l'on ait employé 4 ½ parties du premier et 10 ½ du second; on fait égoutter sur un entonnoir en verre; la masse pâteuse ainsi obtenue, on la lave à l'eau, on l'exprime et on la traite par l'alcool chaud qui l'abandonne presque complètement par le refroidissement; on peut aussi traiter par l'acide sulfo-nitrique en faisant usage de moyens de réfrigération.

Propriétés. — La nitromannite forme une masse blanche, composée d'aiguilles feutrées d'un aspect soyeux, d'une densité égale à 1,60. Elle est peu soluble dans l'alcool froid, plus à chaud; soluble dans l'éther, insoluble dans l'eau. Fusion 112°, se solidifie à 93°.

Elle détone sous le choc avec beaucoup de violence, elle se rapproche, sous ce rapport, du fulminate de mercure. Elle fond à 112° par une chaleur graduelle, puis se décompose sans détoner. Lors-

on la chauffe brusquement, elle détone à 210°. Elle s'enflamme à à 190° c.

Elle détone par le choc fer sur fer plus facilement que le fulmite de mercure; elle détone par le choc du cuivre sur le fer et me par le choc porcelaine sur porcelaine.

La nitromannite impure se décompose rapidement à la lumière; squ'elle a été purifiée par plusieurs cristallisations dans l'alcool, e se conserve bien à l'abri de la lumière solaire.

Les essais faits en France ont montré que la nitromannite camrée peut être employée sous forme de pétards, dans les mêmes nditions que la dynamite et le coton-poudre sec et qu'elle donne, charge égale, des effets sensiblement supérieurs.

Les capsules à 1gr5 provoquent son explosion alors même que xplosif à l'état comprimé a été immergé et est saturé d'eau.

Force de la nitromannite. — La décomposition se fait d'après formule :

$$C^6H^8(AzO^2)^6O^6 = 6\,CO^2 + 4H^2O + 3Az^2 + O^2.$$

après cette formule, les éléments de la force de la nitromannite :

τ_n	=	452	V_m	=	312,48 l.
Q_{mp}	=	647,8	V_k	=	691,15
Q_{mv}	=	655,8	t	=	3247°
Q_{kp}	=	1433,19	f	=	9247,2
Q_{kv}	=	1450,92	α	=	0,691.
W	=	616641			

Force de nitromannite est donc presque identique à celle de troglycérine. Détonant dans son propre volume, elle développe on 11000 kg.

aleur de formation 179°4.

a nitromannite possède une grande vitesse de détonation par norce au fulminate de mercure.

D'après M. Vieille, cet explosif suffisamment comprimé est une oudre propulsive supérieure à toutes les poudres sans fumée actuel-

lement connues. Mais sa trop grande sensibilité au choc est un obstacle à son emploi.

Mannite pentanitrique. — En employant de l'acide nitrique un peu étendu, on obtient cette mannite nitrée, fusible à 77-79°. On l'obtient aussi par l'action de NH^3 sur l'hexanitromannite.

346. Mannitane. — $C^6H^{12}O^5$. C'est un anhydride de la mannite ($C^6H^{14}O^6 - H^2O$). On l'obtient par l'action de la chaleur ou de l'acide chlorhydrique bouillant sur la mannite. On peut aussi chauffer la mannite pendant 2 heures à 120°-125° avec la moitié de son poids d'acide sulfurique concentré; on sature le produit encore chaud par de l'alcool.

Enfin on prépare encore plus simplement la mannitane amorphe en chauffant la mannite avec le quart de son poids d'eau pendant une heure et demie à 295° c.

Nitromannitane : $C^6H^8(AzO^2)^4O^5$.

On dissout peu à peu une partie de mannitane dans un mélange de dix parties d'acide sulfurique et de cinq parties d'acide nitrique concentrés. On refroidit. Au bout d'un quart d'heure, on verse le mélange dans une grande quantité d'eau; il se dépose une matière jaune-brunâtre qu'on lave à l'eau.

Cette substance détone avec violence sous le choc. Elle est soluble dans l'alcool et dans l'éther.

347. *Dulcite.* — Elle a la même composition que la mannite. Elle se retire du *Mélampyrum nemorosum*. Elle donne des substitutions nitrées explosives.

On peut l'obtenir artificiellement en hydrogénant le sucre de lait interverti au moyen de l'amalgame de sodium.

La dulcite chlorhydronitrique $C^6H^8(AzO^3)^4Cl^2$ est explosive par le choc.

SECTION II.

Dérivés nitrés des hydrates de carbone.

CHAPITRE I.

DÉRIVÉS NITRÉS DES GLUCOSES ET DES SUCRES.

348. — Le nom impropre d'hydrate de carbone est donné à un groupe important de composés organiques, parce que leur formule brute répond à la combinaison de plusieurs molécules d'eau avec plusieurs atomes de carbone. Tous renferment six atomes de carbone ou un multiple de six.

Tels que : $C^6,6H^2O$ les glucoses
$C^{12},11H^2O$ les sucres
$nC^6,5H^2O$ les polyglucosides.

Mais actuellement on comprend sous ce nom des substances qui réunissent les fonctions d'alcool polyvalent, la fonction aldéhydique ou cétonique (groupe des monosaccharides) ou qui se transforment par hydrolyse en monosaccharides (groupe de polysaccharides).

Monosaccharides. — On les nomme, suivant le nombre d'atomes d'oxygène qu'ils renferment :

Trioses	$CH^2.OH.CH.OH.COH$	$= C^3H^6O^3$.
Tétroses	$CH^2.OH.(CH.OH)^2COH$	$= C^4H^8O^4$
Pentoses	$CH^2.OH.(CHOH)^2 — COH$ $CH^3(CH.OH)^4 — COH$	$= C^{10}H^{10}O^5$
Hexoses (anciens glucoses)	$CH^2.OH(CH.OH)^4 — COH$ $CH^2.OH(CH.OH)^3CO.CH^2.OH$	$= C^{12}H^{24}O^{12}$

Heptoses, octoses, monoses.

Les hexoses sont les plus importants. Ils comprennent, la dextrose, la lévulose, la galactose formant le groupe des glucoses.

Dans les polysaccharides on note des dissaccharides $C^{12}H^{22}O^{11}$ dans lesquels sont classés : la saccharose ou sucre de canne, de betteraves, la lactose ou sucre de lait, la maltose, les matières amylacées, les dextrines, les gommes, la cellulose.

Nitroglucose.

349. — *Formules :* $C^6H^6(AzO^2)^6O^6$.

On mélange de l'acide sulfurique et de l'acide azotique concentrés à parties égales : on refroidit et on ajoute de la glucose en poudre en remuant sans cesse et en empêchant la température de trop s'élever. La nitroglucose se sépare en masse qu'on enlève aussitôt et qu'on jette dans de l'eau froide. Il ne faut pas tarder de débarrasser la nitroglucose de ses acides, sinon elle se décompose bien vite. On la dissout dans un mélange d'alcool et d'éther, puis on verse la solution dans l'eau, qu'on renouvelle à plusieurs reprises jusqu'à neutralité parfaite.

Propriétés. — C'est un corps blanc, brillant, tantôt pâteux et amorphe, tantôt cristallin. Il est insoluble dans l'eau. Ses propriétés explosives sont faibles; il déflagre par le contact d'une flamme.

Ammonia-nitrate Powder.

Nitroglucose	10
Nitrate d'ammonium	80
Chlorate de potassium	5
Coaltar	5

Glucosane et nitroglucosane.

350. $C^6H^{10}O^5$. — On déshydrate la glucose par une chauffe à 170° c. La transformation n'est pas complète.

Par l'attaque au moyen de l'acide sulfonitrique, elle fournit la nitroglucosane, moins explosive que la nitroglucose.

Inosite.

351. — L'inosite est un sucre cristallisable isomérique avec la cose. Elle existe dans le liquide musculaire, dans le rein, le foie, haricots verts, le moût de raisin, les feuilles de noyer.

Nitro-inosite.

Composition : $C^6H^6(AzO^2)^6O^6$.

On traite l'inosite par le mélange sulfo-nitrique froid; on obtient e poudre cristalline qu'on fait cristalliser dans l'alcool. La nitro-osite détone par le choc.

Nitrosaccharose.

352. — Composition : $C^{12}H^{18}(AzO^2)^4O^{11}$.

On met en contact pendant 5 minutes : une partie de sucre blanc poudre avec un mélange de : une partie d'acide sulfurique et deux rties d'acide azotique concentrés et refroidis.

On obtient une masse visqueuse qu'on lave à l'eau. Pour la purifier, la dissout dans l'alcool, d'où on la précipite par l'eau; on recom-ence cette opération à plusieurs reprises.

C'est un corps très explosif, il détone par la chaleur et par le choc ible.

Résine explosive (Alix Pellier). — C'est un explosif obtenu par action de l'acide sulfo-nitrique sur le sucre raffiné. Il se présente ous la forme d'une résine brune fusible à 70°. Le degré de nitrifi-tion est intermédiaire entre celui des saccharoses penta et hexani-riques. La force est très peu inférieure à celle du coton-poudre.

Nitro-mélasse. — Action de l'acide sulfonitrique sur la mélasse; n l'a proposée comme explosif en mélange avec du nitrate d'ammo-ium, de naphtaline et de paraffine.

Vixorite. — Sucre nitré.

Petragite. — Mélasse nitrée.

Nitrolactose.

353. — Elle se prépare par l'action de l'acide sulfo-nitrique sur le ucre de lait; on précipite par l'eau. Elle détone par la chaleur;

c'est un corps très explosif; il se dépose dans l'alcool sous forme d petites feuilles cristallines nacrées.

Glukodine. — On nitre une solution saturée de sucre de can dans la glycérine, c'est donc un mélange intime de nitroglycérine e de nitrosaccharose.

Explosif Bjorkmann.

Glukodine	Nitroglycérine	33,19	30,23
	Nitrosaccharose . . .	3,21	4,03
Sucre		8,40	8,76
Nitrate sodique.		31,20	37.84
Nitrocellulose		23,36	—
Charbon		—	19.31

Nitro-dextrine.

354. — Action du mélange sulfo-nitrique sur la dextrine.

Nitro-gomme.

355. — La gomme arabique traitée par le mélange sulfo-nitriq peut se transformer en un corps nitré explosif.

Amidons nitriques.

On connaît trois éthers nitriques principaux de l'amidon : 1° l mononitrine $C^{12}H^{19}(AzO^2)O^{10}$; 2° la dinitrine $C^{12}H^{18}(AzO^2)^2O^{10}$; 3° l tétranitrine $C^{12}H^{16}(AzO^2)^4O^{10}$.

356. Amidon mononitré ou **xyloïdine de Braconnot** (1832). On traite l'amidon ou la fécule par 10 à 12 fois son poids d'acid azotique fumant; l'amidon se dissout, on précipite par l'eau, on la et on sèche à l'étuve. On purifie par dissolution dans l'alcool éthér on filtre et on abandonne à la dessiccation spontanée.

Ce corps est soluble dans un mélange d'alcool et d'éther, l'acéton l'alcool méthylique.

Amidon diazotique. — $C^{12}H^{18}(AzO^2)^2O^{10}$.

M. Béchamps a signalé deux modifications isomériques de l'amido

nitré, l'une soluble seulement dans l'acide acétique; l'autre aisément soluble dans l'acide acétique, l'alcool éthéré, l'acétone ou esprit-de-bois.

Elles prennent naissance en même temps que l'amidon mononitré.

Amidons tétranitrés. — $C^{12}H^{16}(AzO^2)^4O^{10}$.

Il existe aussi deux modifications de l'amidon tétranitrique, dont l'une est soluble dans l'alcool et l'autre seulement dans l'alcool éthéré. Elles prennent naissance simultanément en faisant réagir sur une partie d'amidon séché à 20°, douze parties d'acide azotique fumant. On filtre sur du verre pilé; la liqueur filtrée entourée d'un mélange réfrigérant est traitée par huit parties d'acide sulfurique concentré qu'on verse rapidement; il se précipite une masse blanche, molle et volumineuse. On lave à neutralité parfaite et on sèche.

La stabilité des amidons tétranitrés est moins grande que celle de la fécule monoazotique qui, bien lavée, se conserve parfaitement. La déflagration de la mononitrine se fait vers 200°; celle de la tétranitrine s'effectue déjà à 175°.

Ces corps sont hygroscopiques. Ils absorbent en moyenne 11 % d'eau au contact de l'air humide.

Fécule nitrée. — On traite la fécule de pommes de terre, on la sèche à 100°, on pulvérise et on la dissout à 20-25° dans l'acide nitrique à 1,50 (10 kg. de fécule + 100 kg. d'acide), puis on la verse dans de l'acide sulfonitrique (70 % SO^4H^2 monohydraté + 30 % NO^3H monohydraté). On emploie 100 kg. de solution pour 500 kg. d'acide sulfonitrique; température, 20-25°. La fécule nitrée se précipite; on filtre sur du coton-poudre; on comprime sous forme de tourteaux qu'on lave jusqu'à neutralité parfaite. On ajoute un peu d'aniline pour donner de la stabilité.

Cette fécule nitrée intervient dans certaines poudres sans fumée.

Dans toutes les industries des explosifs nitrés, il y a des dégagements de vapeurs rutilantes qui sont très dangereuses à respirer et qu'il faut éloigner par une ventilation énergique. Elles attaquent les métaux, les matières organiques, bois, papier, tissus, qui peuvent s'enflammer spontanément.

Cellulose nitrique.

357. — Elle constitue avec la nitroglycérine une des matièr explosives les plus importantes.

C'est en 1845-46 que Schœnbein, professeur de chimie à Bâl annonça la découverte du papier parchemin et du coton-poudr Il en proposa de suite l'emploi dans les armes à feu pour remplac la poudre noire.

Le professeur Böttger, de Francfort-sur-Mein, découvrit le mên produit et s'associa à Schœnbein pour l'exploitation industriel du curieux explosif. On monta une usine en Angleterre, sous firme John Hall et fils, à Faversham, usine qui sauta en 1847, faisant beaucoup de victimes, et l'essai en resta là.

En Allemagne, on reprit les études. Le baron de Lenck fu chargé de la direction d'une usine gouvernementale en 185 à Hirtenberg, près de Vienne-Neustadt. Dès 1853, de Lenck cré une batterie de canons au coton-poudre. En 1855, on mit sur pie de guerre cinq batteries complètes. En 1862, il y eut 30 batterie à coton-poudre en service avec canon en bronze. On avait reconn que le coton-poudre détériorait les bouches à feu et l'on eut se plaindre de nombreux éclatements d'obus dans l'âme des canon

L'usine de Hirtenberg sauta en 1862, ainsi que le dépôt d Simmering. Le coton-poudre fut abandonné à la suite de ce catastrophes, qui furent mises sur le compte de l'instabilité propr du nitro-coton.

Lenk n'abandonna pas les études; il soigna la pureté du coto au moyen de lessives alcalines; il débarrassa le coton-poudre d acides par des lavages plus fréquents, attendu qu'il était convainc que la matière bien purifiée ne manquait pas de stabilité.

Enfin, Abel vainquit toutes les difficultés en divisant mécaniqu ment le fil de coton-poudre, en bouts extrêmement courts et perme tant ainsi, par des lavages soignés, d'enlever les acides logés dans tube capillaire. Une grande usine se monta en 1865 à Stowmark et travailla, suivant le brevet Abel, par l'emploi du Hollander la compression.

En 1868, le préparateur d'Abel, M. Brown, fit une découverte une grande importance : la propriété que possède le coton-poudre e détoner sous l'influence d'un détonateur au fulminate de mercure. reconnut également que le coton-poudre humide, réfractaire au étonateur, détone encore sous l'influence de la détonation du coton-oudre sec.

Abel fit également des essais pour l'emploi balistique du coton-poudre à l'état comprimé, mais l'explosif n'ayant pas une densité uniforme, donnait des pressions et des vitesses initiales très irrégulières.

Enfin, en 1886, M. Vieille imagina l'emploi du coton-poudre à l'état colloïdal; la poudre sans fumée naquit et détrôna définitivement la poudre noire.

Synonymes : Cellulose nitrique, nitrate de cellulose, coton-poudre, fulmi-coton, nitro-coton, pyroxyle.

Braconnot, de Nancy, fut le précurseur de la découverte du coton-poudre.

En 1832, il trouva l'amidon mononitré ou xyloïdine; Pelouze reprenant, en 1838, les études de Braconnot montra que les matières cellulosiques en général, immergées quelques instants dans l'acide azotique concentré, acquièrent une fort grande inflammabilité. Enfin Schœnbein, chimiste Bâlois, annonça en 1845, la découverte du coton-poudre.

358. Constitution chimique. — On traite le coton par le mélange sulfo-nitrique. On connaît un grand nombre de substitutions nitrées, et la formule générale de leur préparation peut être écrite comme suit :

$$C^{24}H^{40}O^{20} + nAzO^3H = n(H^2O) + C^{24}H^{40-n}(AzO^2)^nO^{20}.$$

10. 11. 12.

ans l'ether
ans l'alcool
ans l'ether
l'alcool
ssoudre dan

ent de plu

ve n

de la

Ce qui correspond à la formule :

$$C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11}O^{20}.$$

D'après les travaux de M. Vieille, les taux de nitrification au moyen de l'acide sulfo-nitrique (il fait usage de SO^4H^2 à 1,832 de densité et de AzO^3H à D = 1,316) sont donnés dans le tableau suivant :

Taux de SO^4H^2 en volume pour 1 vol. AzO^3H (1,316).	Nombre de centim. cubes d'AzO dégagé pour 1 gr. de produit nitré (0°,760mm).
3,00	195cc,9
2,20	190cc,1
2,00	184cc,6
1,70	185cc,5
1,50	182cc,3
1,40	164cc,0
1,30	166cc,7
1,20	166cc,0
1,10	141cc,2
1,00	143cc,5
0,95	133cc,3
0,90	132cc,7

Les valeurs de n ont été déterminées, par M. Vieille, en dosant, dans les différents coton-poudres, l'azote par la méthode proposée par M. Schloesing pour le dosage de l'acide azotique dans les nitrates (voir *Analyses du coton-poudre*).

								°/o N.
Pour n =	12,	il se dégage	x cc.	de bioxyde d'azote	pr 1 gr.	La théorie indique	225 cc.	14,14
n =	11	"	215	"	"	"	214	13,47
n =	10	"	203	"	"	"	203	12,75
n =	9	"	192	"	"	"	190	11,97
n =	8	"	182	"	"	"	178	11,11
n =	7	"	164	"	"	"	162	10,58
n =	6	"	143	"	"	"	146	9,13
n =	5	"	132	"	"	"	128	8,32
n =	4	"	100	"	"	"	108	7,65

Les solutions

de

dre.

solidi-

ne sont

dissolution

commente

signale

de

chlorhy

ammée

ploqu

aqu

ulos

Capr

manie

les in

Mais ce

rent é

ère

en azo

tiques, les effe

ins unifor

cellulose

cellulose et Vieille

dans de granc

la teneur de 13,65

dodecanitrocellulose.

que est arrivé à 14 % d'azot

ance que la teneur en azote

la quantité de radicaux NO^2 substitués était la cause de la solubilité ou de la non solubilité de CP dans l'alcool éthéré. Il fabriqua du CP hautement nitré parfaitement soluble. Berthelot et Vignon prouvèrent que dans les nitro-celluloses solubles il existe une certaine proportion d'oxycellulose nitrée.

M. H. de Mosenthal a fait des études microscopiques remarquables sur la constitution de la fibre du coton.

La texture de la fibre de coton est complexe tant au point de vue de sa composition chimique que de sa texture physique. La fibre n'est pas de la cellulose pure et l'on conçoit que les différentes variétés de coton doivent ne pas se comporter de même sous l'action des acides. Le cuticule de la fibre (l'épiderme) a une autre composition que la matière intercuticulaire. Cette dernière matière se comporte, en effet, en présence du réactif de Schweitzer autrement que le cuticule. En trempant le coton dans les acides, l'imprégnation des divers constituants de la fibre n'est pas la même, ce qui cause des nitrations différentes des divers éléments qui peuvent aussi subir leur transformation prématurée en hydrocellulose et en oxycellulose avant que l'acide nitrique n'ait pu agir.

Le degré de nitration dépend d'une foule de circonstances qui sont en relation avec la qualité du coton, de la proportion du coton et des acides, de l'état hygroscopique de l'air, des proportions relatives des acides, de leur teneur en eau, de la durée de la nitration, de la température des bains.

Il est reconnu que les cotons de provenances diverses, nitrés dans les mêmes conditions, contiennent des proportions d'azote différentes. Un coton qui a subi un travail énergique comme les déchets de filatures se nitre autrement que le coton brut.

Il est aussi tout naturel que la porosité plus ou moins grande des fibres a une influence osmotique considérable sur l'absorption plus ou moins rapide et complète des acides, ainsi le coton blanchi se comporte autrement que le coton brut et celui-ci autrement que la cellulose de bois.

La proportion du coton et des acides doit être bien réglée. Si le coton est en excès, l'eau produite par la réaction dilue les acides et la nitration sera faible.

Le coton a une tendance naturelle à absorber de l'eau. Les tissus végétaux séchés à l'air retiennent toujours une certaine quantité d'humidité, dite eau hygroscopique, qu'on peut enlever par une dessiccation à 100°, mais qui est restituée par une exposition à l'air. La proportion moyenne est de 6 à 12 % pour les différentes celluloses.

On ne sait si cette absorption d'eau est un phénomène d'ordre chimique ou physique, tout ce que l'on sait c'est que le phénomène est inhérent à la présence des groupes OH dans la molécule de la cellulose, car quand ces groupes sont remplacés par d'autres radicaux l'hygroscopicité diminue.

Les celluloses nitrées sont d'autant moins hygroscopiques que la valeur de *n* est plus élevée.

D'après M. C. Beadle l'hygroscopicité a donné :

Degré de nitration (hexanitrique = 100).	Eau hygrométrique.
75	1,84
47	3,44
35	5,54

On sait du reste qu'il existe des hydrates de cellulose.

Ainsi la dissolution de la cellulose dans le chlorure de zinc aqueux donne un sirop homogène qui, précipité par l'eau, donne un hydrate de cellulose. En fait, la cellulose peut exister dans un très grand nombre d'états d'hydratation.

Nous examinerons plus tard quelques-unes de ces combinaisons.

Les celluloses hydratées sont plus facilement attaquées par les réactifs que les celluloses sèches. Les hydrates de cellulose réagissent généralement avec l'iode en solution aqueuse pour donner une solution bleu indigo.

359. Proportions du mélange sulfo-nitrique. — Il est prouvé qu'avec l'acide nitrique seul on peut obtenir du CP décanitrique; mais au-dessus il faut l'aide de l'acide sulfurique. Celui-ci donne de l'économie et une plus grande vitesse de réaction. D'après Will, l'acide sulfurique n'agit pas seulement comme absorbant de l'eau

pour augmenter la teneur en azote, mais il a une influence sur les propriétés du CP au point de vue de la solubilité et de la viscosité. En pratique, les proportions relatives de l'acide sulfurique et d'acide nitrique varient de 1 : 1 à 6 : 1.

Le tableau donné au n° **358** et dû à M. Vieille, indique l'influence des proportions relatives des deux acides sur l'énergie de la nitration.

Il résulte des travaux de MM. Lunge et Weintraub :

1° Qu'à mesure que la quantité d'acide sulfurique augmente la vitesse de nitration décroît rapidement. Tant que le rapport de H^2SO^4 : NO^3H ne dépasse pas 1 : 1 (parties égales), la fin de la nitration est atteinte au bout d'une demi-heure. Lorsqu'on emploie les acides dans la proportion de 3 : 1. la première demi-heure ne fournit qu'un produit à 12,72 % d'azote, l'état final correspondant à 13,40 % d'azote. Avec un rapport 8 : 1 la fin de la nitration n'est pas encore atteinte au bout de 8 jours. Au bout de 30 jours, elle ne correspond encore qu'à 11,7 % d'azote.

2° La teneur maximum en azote est obtenue quand le rapport H^2SO^4 : NO^3H n'est pas inférieur à 0,25 : 1 et n'est pas supérieur à 3 : 1. Au-dessus de 3 : 1 la teneur en azote diminue lentement puis plus rapidement. Mais il ne faut pas oublier qu'avec un grand excès de H^2SO^4 une différence de température de quelques degrés modifie également les résultats d'une façon très sensible.

3° Au delà d'un certain rapport entre H^2SO^4 : NO^3H — probablement 8 : 1 le produit final renferme toujours de la cellulose non transformée.

4° Un excès de H^2SO^4 altère également la structure de la nitrocellulose. Lorsqu'on emploie NO^3H pur ou même $0{,}5SO^4H^2$ pour $1NO^3H$ les fibres se contractent et deviennent plus résistantes. Au-dessus de 7 : 1 la fibre de la cellulose est détruite et se transforme par dessiccation en une fine poudre d'aspect fibreux.

Ces expériences montrent qu'en employant l'acide nitrique seul la nitration ne peut être poussée au delà de la décanitrocellulose. Il s'ensuivrait que le coton-collodion peut être préparé à l'aide de NO^3H seul ; mais en pratique on ne l'emploie jamais ainsi, l'addition d'acide sulfurique ayant le double avantage d'économiser le temps et de l'acide nitrique.

Pour fabriquer le CP à haute teneur d'azote, il est bon d'opérer avec un mélange acide de 3 p. SO^4H^2 + 1 p. NO^3H, mais il ne faut pas adopter un rapport supérieur. C'est dans ces conditions que l'on obtiendra la teneur maximum en azote en même temps qu'une stabilité voisine du maximum.

Pour la fabrication du coton collodion, il est inutile d'excéder le rapport 1 : 1 avec 19 à 20 °/₀ d'eau dans le mélange.

360. Influence de l'eau sur le processus de la nitration. — Lunge a nitré de la cellulose avec des acides contenant des doses variables d'eau. Il résulte des essais que pour préparer un CP à haute teneur d'azote, il est absolument inutile d'employer un mélange acide ne renfermant que quelques centièmes d'eau. Avec la proportion d'acide 1 : 1, on peut opérer en présence de 10 °/₀ d'eau. Avec le mélange 3 p. SO^4H^2 + 1 p. NO^3H, on peut pousser la proportion d'eau à 12 °/₀ et par conséquent opérer avec des acides à bien meilleur marché que ceux employés habituellement. La durée de nitration est de 24 heures.

Au delà de 18 °/₀ d'eau la proportion d'azote diminue rapidement à mesure que l'eau augmente.

Le groupe des nitrocelluloses entièrement solubles contenant 12,31 à 10,93 °/₀ d'azote s'obtient au moyen de mélanges acides contenant 16,6 à 20,3 °/₀ d'eau. Le coton collodion type, c'est-à-dire l'octonitrocellulose à 11,11 °/₀ d'azote, correspond à des acides avec 19,5 °/₀ d'eau.

Ce mélange acide avec 19,42 °/₀ d'eau donne de l'octonitrocellulose pratiquement pure et on a ainsi montré comment on peut obtenir avec certitude ce produit d'un si grand intérêt industriel et que l'on considère généralement comme assez difficile à préparer d'une façon régulière.

Si la proportion d'eau dans le mélange atteint 25 °/₀ et plus, la nitration ne peut être effectuée complètement même par une action de 24 heures. En présence d'une quantité d'eau supérieure à 25 °/₀, la nitration est de moins en moins complète. Au début, il y a encore une légère nitration, puis par la suite il ne se forme plus que de l'oxycellulose, comme on peut s'en rendre compte par la solubilité

artielle ou totale dans l'alcali dilué, par la précipitation au moyen es acides ou de l'alcool, par la coloration intense au moyen des natières organiques basiques; enfin, par la réduction de la liqueur le Fehling et la formation de composés avec la phénylhydrazine.

La structure morphologique des produits est fortement altérée par 'augmentation de la proportion d'eau dans les mélanges acides. Jusque 15 % d'eau, la structure primitive n'est pas altérée. A 18 % l'eau, les fibres présentent une certaine contraction et l'on n'observe plus la torsion caractéristique de la fibre de coton. Lorsque la proportion augmente au delà de 18 %, les fibres se désagrègent en petites particules qui se feutrent en masses globulaires. Cette action destructive atteint son maximum pour une teneur en eau comprise entre 23 et 25 % d'eau; avec des acides plus dilués, la structure fibreuse est beaucoup moins affectée; mais si l'action est prolongée, les fibres se désagrègent encore en éléments plus courts.

361. Degré de nitration maximum réalisable avec la cellulose. — Eder a obtenu des nitrocelluloses renfermant 13,91 — 13,74 — 13,82 % d'azote, chiffres voisins de 14,14 % qui correspond à $n = 12$. Il obtenait ce produit en faisant agir sur la cellulose un mélange de 3 p. SO^4H^2 concentré + 1 p. HNO^3 fumant. Le produit obtenu était traité par l'alcool éthéré qui dissolvait 1,2 à 5,8 % de la substance.

En agissant de la même manière, Vieille trouva un produit renfermant seulement 214 cc. NO = 13,42 % d'azote, voisin de 13,50 ce qui correspond à $n = 11$.

Lunge et Weintraub sont parvenus à 13,456 % d'azote par l'action d'un mélange sulfonitrique; en faisant usage de parties égales d'anhydride azotique et d'anhydride phosphorique, ils ont obtenu 13,88 et 13,90 % d'azote, chiffres se rapprochant de 14,16 ($n = 12$) et dans tous les cas supérieurs à 13,5 ($n = 11$).

L'existence de $n = 12$ est donc démontrée mais à l'aide de procédés de laboratoire.

Dans des expériences de Lunge et Bebie, on est parvenu à l'aide de l'acide sulfurique à obtenir les produits les plus nitrés (2,5 gr. de coton + 30 gr. NO^3H ($d = 1,52$) + 90 gr. SO^4H^2 ($d = 1,84$).

NUMÉROS	COMPOSITION DU MÉLANGE ACIDE			AZOTE %	RENDEMENT SUR LE COTON %
	H^2SO^4	NO^3H	H^2O		
1	60,00	27,43	12,57	13,62	173
2	62,10	25,79	12,11	13,75	174
3	62,95	24,95	12,10	13,83	175
4	63,72	25,31	10,97	13,75	175
5	64,56	24,65	10,79	13,01	175

On a ainsi obtenu des teneurs en N supérieures à celles obtenues jusqu'ici par l'action directe de $NO^3H + SO^4H^2$ et sans extraction du produit à l'alcool éthéré. Ces teneurs ont été réalisées au moyen de mélanges contenant une quantité d'eau relativement élevée.

Ces résultats précédents ont été contrôlés par une nouvelle série d'essais :

Numéros.	Composition du mélange acide.			N %.	Rendt.
	SO^4H^2	HNO^3	H^2O		
6	68,02	25,28	5 70	13.76	"
7	64,55	26,55	8,88	13,72	173
8	63,35	25,31	11,34	13,92	173

Ici, avec 11,34 % d'eau dans le mélange acide, on a obtenu 13,92 % N, chiffre aussi élevé que celui obtenu avec le mélange phosphorique et qui correspond sensiblement à $n = 12$ (14,16 % N).

L'existence de la dodécanitrocellulose est donc prouvée, mais ce produit n'est pas stable. L'échantillon contenant 13,92 % N a été conservé sous l'eau pendant quelques mois; séché et analysé, il ne donne plus que 13,50 % N, ce qui correspond à $n = 11$. Ce dernier composé semble donc être le degré le plus élevé de nitration *stable*.

Lunge et Weintraub concluent aussi qu'il est superflu d'augmenter les frais de fabrication en employant des mélanges acides extra-concentrés.

Le rapport de SO^4H^2 à NO^3H, qui est de 2,5 : 1 dans les expériences 1-8, peut être élevé à 3,3 : 1 ou abaissé à 2 : 1, sans conduire à des résultats différents.

32. Influence de la température sur la nitration. — Lunge
tré 2,5 gr. de coton dans un mélange de 30 gr. NO^3H ($d = 1,52$)
0 gr. H^2SO^4 ($d = 1,84$), à des températures variant de 0 à 80°.
résultats, on peut tirer les conclusions suivantes :

° A mesure que la température s'élève, la vitesse de nitration
gmente rapidement. A 10°, la teneur en azote atteinte au bout
ne demi-heure n'est que de 10,71 %. A 19°, elle atteint 12,72 %;
0°, 13,07 % (maximum réalisable à cette température), et à 80°,
tte teneur est réalisée au bout d'un quart d'heure seulement.

2° La teneur en azote du produit obtenu tombe un peu lorsqu'on
asse de la température ordinaire (10-19°) à 40° (la différence est
e 13,39 à 13,06 %), mais reste pratiquement la même lorsqu'on
itre à 60 ou 80°.

3° L'influence de la température, dans le processus de la nitra-
ion, se fait surtout sentir sur le rendement qui diminue constam-
nent à mesure que l'on passe de la température ordinaire aux
empératures élevées. Cette particularité ne s'observe pas dans
a dissolution de la cellulose elle-même; la cellulose se nitre
apidement et la nitrocellulose formée se dissout alors partiellement
vec d'autant plus de rapidité que la température est plus élevée.

4° En nitrant à haute température, la structure de la cellulose
e trouve altérée. La fibre se sectionne et devient fragile; celle
ue l'on obtient à 60° ou 80° se présente après dessiccation sous
orme d'une fine poudre fibreuse.

Si le rapport de SO^4H^2 à NO^3H est supérieur à 3 : 1, la perte
rendement et la solubilité que l'on augmente en élevant la
npérature de nitration sont encore plus prononcées. Avec 11 p.
$^4H^2$ pour 1 p. NO^3H, une élévation de température de quelques
rés a le même effet qu'une élévation de température de 20 ou 30°
r un rapport d'acide égal à 3 : 1.

i l'on examine toutes les circonstances du problème, on peut
clure que dans la fabrication du fulmicoton, la pratique qui
iste à ne pas dépasser la température de 25° pendant la nitra-
est parfaitement justifiée.

'est dans ces conditions que l'on obtient une teneur maximum
zote et un rendement maximum dans un temps raisonnable.

363. Influence de l'acide hypoazotique contenu dans l' nitrique fumant sur le processus de la nitrification. — L nitrique saturé d'acide hypoazotique attaque plus forteme cellulose, mais fournit un produit faiblement détonant et s dans l'alcool éthéré. Au contraire, l'acide nitrique, débarras l'acide hypoazotique fournit une nitrocellulose insoluble l'alcool éthéré et jouissant d'un pouvoir détonant considérable.

Les essais de Lunge prouvent que la plus haute teneur que accuser l'acide nitrique du commerce est d'environ 6 % NC dessous, il n'y a pas d'influence appréciable sur la teneur en : cependant, il est préférable qu'il n'y ait pas de NO^2, l'acti celui-ci étant moitié moindre que celle de l'acide nitrique.

Fabrication industrielle du fulmicoton.

364. Procédé Abel (brevet de 1865). — Le coton employ choisi parmi les déchets de filatures triés et blanchis; ils sont c et séchés.

Une opération préalable, nécessaire à la bonne conservati coton-poudre, consiste à débarrasser le coton de toutes les ma grasses, résineuses, etc., qu'il peut contenir. Ces substances gères subissent, en effet, sous l'influence de l'acide sulfo-nit des substitutions nitrées parfois très instables et dont la d position spontanée entraîne plus tard celle du coton-poudre. (bouillir le coton pendant deux ou trois minutes dans une so de potasse caustique à 2 % (D = 1,02), puis on essore et o soigneusement à l'eau pure, on essore encore une fois et on : Ce séchage, avant le trempage dans les acides, est important.

Le coton est de la cellulose sensiblement pure :

Cellulose	87 — 91 %
Eau	5 — 8
Graisse et cire . . .	0,4 — 0,5
Matière carbonée . . .	0,5 — 0,7
Cendres	0,1 — 0,13

Dans certaines usines on traite le coton par une solution alcaline sous pression, puis on lave et on blanchit au chlore dans des appareils revêtus de plomb, puis on acidifie par HCl ou SO^4H^2, on lave de nouveau, on turbine et on sèche.

Du coton bien dégraissé s'enfonce rapidement dans l'eau distillée; du coton mal lavé flotte sur l'eau. Il doit être tout à fait neutre et ne doit pas contenir plus de 1/2 °/₀ d'eau au moment de l'emploi.

En Allemagne, on exige que le coton jeté dans l'eau s'enfonce au bout de deux minutes et ne donne pas plus de 0,9 °/₀ de graisse par un traitement à l'éther. Il ne doit renfermer que des traces de chaux, de magnésie, d'acide sulfurique et d'acide phosphorique.

En Angleterre, le coton traité pendant quatre heures au moyen de 100 cc. d'éther dans un appareil Soxhlet ne doit pas abandonner plus de 1,1 °/₀ de graisse. Séché à 100°, il ne doit pas abandonner plus de 8 °/₀ d'eau.

Le coton gras est sujet à des combustions spontanées dans les magasins.

Avant la nitration, le coton est passé dans une machine qui enlève les poussières, les pailles, les semences et ouvre la masse.

Actuellement, des usines spéciales sont montées pour la fabrication des cotons pour explosifs et soie artificielle.

Mélange acide :

Acide azotique (D = 1,5) . . .	1 partie
Acide sulfurique (D = 1,85) . .	3 parties

On le laisse refroidir à la température ambiante pendant un temps suffisant, puis on l'amène dans l'*atelier de trempage*, qui renferme une série d'auges en fonte contenant chacune 104 kilogrammes d'acide sulfo-nitrique; on y plonge 453 grammes (1 livre anglaise) de coton qu'on remue pendant cinq minutes; on enlève le coton et on l'égoutte; on l'introduit ensuite dans un vase en grès et on l'arrose avec 100 cc. d'acide sulfo-nitrique. Les pots en grès sont placés dans un bassin plat contenant de l'eau froide, qui se renouvelle constamment. On les abandonne de 12 à 24 heures. Les acides, qui ont servi au trempage, sont enrichis par l'addition de 5 kilogrammes d'acides neufs.

Il faut éviter avec soin toute élévation de température, sinon se forme des réactions secondaires qui peuvent altérer les qualités du coton-poudre. Il se forme notamment du coton-poudre soluble moins énergique. Cette élévation de température est accompagnée de dégagement de vapeurs rutilantes.

Dans certaines usines on supprime le trempage, et la nitration se fait directement dans des pots en porcelaine ou en grès avec couvercle à fermeture hydraulique. Les pots ont une contenance de 12 à 13 litres.

Quand la nitration est achevée, on enlève le coton-poudre des pots, et il est de suite transporté à l'atelier des essoreuses.

Afin d'éviter les émanations acides, les essoreuses sont ventilées énergiquement au moyen d'un ventilateur à aspiration qui conduit les vapeurs corrosives au dehors.

Le turbinage enlève la majeure partie des acides qui sont réunis dans une citerne pour rentrer plus tard en travail.

Le coton-poudre essoré est immédiatement enlevé au moyen de pinces en aluminium et jeté dans une bouche en grès avec injection d'eau. La vidange des essoreuses doit se faire rapidement, une combustion spontanée étant à craindre; les ouvriers se protègent la figure au moyen d'un masque en aluminium. Cette combustion se présente surtout pendant le temps chaud et humide.

L'eau noie le coton-poudre et l'entraîne au travers de larges tuyaux en aluminium ou en grès dans des bassins à briques non attaquables par les acides où il subit un premier lavage.

Dans certaines usines, on enlève les acides par pression sous des presses hydrauliques.

365. Procédé J.-M. et W. Thomson par déplacement des acides au moyen de l'eau. — Pour l'enlèvement des acides, il n'est plus fait usage des presses et des essoreuses; on les déplace au moyen de l'eau.

Si l'on fait arriver doucement de l'eau à la surface supérieure des acides et si on permet à ceux-ci de s'écouler par le bas, l'eau déplace complètement les acides, sans s'y mêler en proportion importante et sans échauffement appréciable.

Les vases de nitration sont des bassins cylindriques en grès de 1^m016 de diamètre intérieur et de 0^m254 de profondeur. En dessous se trouve un fond conique avec tubulure réunie, par l'intermédiaire de robinets en grès, à des tubes en plomb ou en aluminium, qui mènent les acides soit à la révification, soit à la dénitrification. Un tamis recouvre la tubulure pour éviter tout engorgement.

L'opération s'effectue comme suit :

On place d'abord le tamis au fond du vase de nitration, puis un grand tamis au-dessus du fond conique et on fait monter le mélange acide :

SO^4H^2	70,50 %
NO^3H	21,00
H^2O	8,50

Chaque opération demande 245 kg. d'acides.

On ajoute ensuite peu à peu $8^k,16$ de coton, de manière à faire monter le volume acide jusqu'à une certaine hauteur déterminée.

On recouvre le tout d'un tamis et on fait arriver doucement de l'eau par le haut. Le tamis a pour but d'empêcher le mélange de l'eau avec la masse acide. Cette lame d'eau forme un joint hydraulique si efficace que les vapeurs acides ne peuvent absolument pas se dégager, elle a une épaisseur de 12 mm.

On abandonne $2^h,30$; la nitration est complète.

On ouvre alors le robinet de vidange de manière qu'il s'écoule $6^k,800$ d'acide par minute. En même temps, par le haut, on fait arriver de l'eau de manière à maintenir le niveau liquide constant.

Les premiers acides qui s'écoulent vont dans les réservoirs aux acides nitrants où la concentration voulue est obtenue avec de l'acide sulfurique concentré et de l'acide azotique.

Les portions qui suivent sont mélangées d'eau et vont dans les cuves de dénitrification et la reconcentration des vieux acides.

Le lavage est continué jusqu'à cessation de réaction acide.

La durée de chaque opération est de 7 à 8 heures.

Les avantages de cette nouvelle méthode sont nombreux : suppression des vapeurs acides; suppression des nombreux pots à réaction et des essoreuses centrifuges; les décompositions spontanées du nitro-

coton sont supprimées; l'installation est simple et n'exige aucun mécanisme.

La perte des acides, par rapport au poids du CP obtenu, atteint seulement 14 % d'acide concentré, tandis qu'elle est d'environ 15 % dans les procédés qui comportent l'enlèvement des acides par les centrifuges.

366. Lavage du coton-poudre. — L'explosif doit être absolument débarrassé de ses acides. Autrefois on se contentait de laver le CP jusqu'à ce que l'eau ne rougisse plus le papier de tournesol. Plus tard, on neutralisa les acides par des lavages alcalins au carbonate de soude faible, ou au silicate de soude. L'ammoniaque diluée (1 p. ammoniaque + 4 p. d'eau) servit également.

Dans les usines de soie artificielle, où la fibre du CP n'est pas découpée, on neutralise le CP au moyen d'ammoniaque gazeuse. D'après un brevet belge (Soc. anon. des produits chimiques de Droogenbosch), on dispose le coton-poudre lavé et bien essoré en couches peu épaisses sur des cadres en bois ou claies en fils de fer ou de cuivre étamé qui se trouvent dans une salle dallée. Cette salle est disposée pour être ventilée. Un ventilateur y amène le courant d'air chaud; celui-ci traverse préalablement une caisse ou boîte fermée, où se trouve étalé un mélange intime de 3 p. de chaux vive en poudre, légèrement humectée d'eau, et de 1 p. de sulfate d'ammonium ou de carbonate d'ammonium également réduit en poudre. Il se dégage lentement du gaz ammoniac : on obtient ainsi de l'air chauffé, imprégné d'ammoniac.

Il faut être prudent dans l'emploi des neutralisants alcalins qui ont une tendance à faire *rétrograder* le coton-poudre. C'est pourquoi on préfère employer un peu de craie ou de l'eau naturellement calcaire; on a remarqué que le mélange de 1,5 à 2 % de craie au CP dans un but de conservation renferme promptement du nitrate et du nitrite de calcium.

Il ne paraît pas possible de débarrasser le coton-poudre en fils de ses acides. Abel introduisit la méthode de pulvérisation de la fibre au moyen des piles raffineuses ou hollanders employées dans l'industrie du papier.

Le coton-poudre déjà soigneusement lavé dans des appareils lavoirs à palettes est introduit dans les piles.

La pile se compose d'une cuve longue de 3 mètres environ et large de 2 mètres, terminée aux deux bouts par des demi-cylindres. Une cloison centrale, parallèle aux longs côtés et qui s'arrête aux axes des parois cylindriques, divise la cuve en deux compartiments qui communiquent ensemble. Un axe de rotation, s'appuyant sur cette cloison et sur un des côtés de la cuve, porte un gros cylindre armé d'une série de lames tranchantes; ce rouleau tourne avec une grande vitesse. Sous le cylindre se trouve une surface cylindrique concentrique ou *platine* armée aussi d'une série de lames tranchantes; cette platine est raccordée au fond de la cuve par des plans inclinés. La cuve est remplie d'eau et de coton-poudre en fil; par suite du mouvement rapide du rouleau, l'eau est entraînée avec les fils qui, passant entre les lames tranchantes, sont coupés en menus morceaux. L'opération fournit, au bout d'un certain temps, une pâte composée de fibrilles très menues de coton-poudre.

Chaque pile reçoit 100 kilogrammes de coton-poudre; le déchiquetage dure 4 heures.

La pulvérisation du CP dans certaines usines se fait en faisant passer la matière dans une série de hollanders qui l'amènent graduellement à l'état d'une pâte extrêmement fine. Comme l'eau des appareils est renouvelée et même chauffée, la pâte est en même temps lavée.

367. Cuisson du coton-poudre. — Il est connu depuis longtemps que l'on peut faire bouillir le CP dans de l'eau sans que ses propriétés explosives soient changées. Dans certaines usines on était hésitant de faire subir à la matière une longue ébullition; mais les analyses faites avec les méthodes perfectionnées prouvèrent que les lavages à l'eau froide ne suffisaient pas pour donner un CP parfait. On remarque qu'en faisant bouillir l'explosif en pâte, sa stabilité augmente de plus en plus, ce qu'on peut vérifier en prélevant des échantillons et en leur faisant subir les épreuves de stabilité. On conçoit que la haute température à laquelle on soumet

le coton-poudre a pour effet d'éloigner certaines matières faciles à décomposer et de ne conserver que celles douées d'une haute stabilité.

L'opération se fait dans de grands réservoirs cylindriques appelés *kochers* ou *kookers* pouvant contenir 1000 kilogrammes de coton-poudre. L'appareil est muni d'agitateurs; le liquide est chauffé au moyen de la vapeur. L'expérience, basée sur les analyses faites au cours de la cuisson, indique le temps nécessaire à l'opération qui peut durer un grand nombre d'heures.

Dans certaines usines on cuit même à 135° sous une pression de 3 atmosphères.

Il ne faut cependant pas exagérer la durée de la cuisson, ni sa température de crainte de faire rétrograder un peu le CP.

Lorsqu'on veut enlever l'eau des kookers on cesse l'agitation, le CP va au fond, on décante l'eau et on la renouvelle; il faut avoir soin de ne pas perdre de la matière.

La pâte est ensuite essorée dans les centrifuges d'où il sort avec 25-30 % d'eau. C'est à l'état humide qu'il est comprimé à la presse hydraulique et moulé sous diverses formes en cartouches. Dans les grandes usines on fait usage d'accumulateurs hydrauliques qui alimentent plusieurs presses. Quoique le CP à 25-30 % d'eau soit d'une parfaite innocuité, on remarque quelquefois des explosions dans les presses, après lesquelles on retrouve souvent du CP qui n'a pas explosé; on les appelle des explosions d'air, parce qu'on admet que l'air qui se comprime s'échauffe et provoque une explosion locale qui naturellement fait souffrir la presse et peut amener des accidents.

Il est donc prudent d'isoler la presse et d'éloigner le personnel pendant la compression.

Les cartouches ont différentes formes cylindriques ou prismatiques, plus ou moins comprimées (jusqu'à 630 kg. par c^2). On ménage un canal d'amorçage et on enveloppe la cartouche de papier ordinairement paraffiné après dessiccation.

Pour les torpilles, on moule en forme de cône pour le chargement de la tête.

On remarque qu'après la compression, les cartouches se dilatent

un peu, ce qui provient de l'élasticité du CP; mais plus longtemps la cartouche reste sous la presse, moins l'expansion est considérable. Le CP comprimé a la texture feuilletée dans les couches perpendiculaires au sens de la pression.

Le coton-poudre, moulé humide, est de la plus parfaite innocuité; on peut en découper des plaques au moyen de scies circulaires; y percer des trous pour le logement de la capsule au moyen de machines à perforer ou même au fer chauffé au rouge; il est incombustible. Il peut se conserver dans des caisses imperméables sans danger; la dessiccation se fait rapidement.

368. Appréciation de la méthode Abel. — Cette méthode a marqué un immense progrès dans la manipulation pratique du coton-poudre. Autrefois, cet explosif était employé dans les arts militaires et dans les arts industriels sous la forme de fils ou de tissus; naturellement, la densité n'était pas uniforme et les effets étaient irréguliers. L'explosif, de plus, n'avait pas une constitution chimique homogène. D'après Abel, le coton-poudre fabriqué en grand est toujours un mélange de diverses matières parmi lesquelles il faut signaler :

a) Des produits dérivés de substances grasses et résineuses, qui accompagnent la fibre du coton (la proportion peut s'élever à 1 %).

b) De 4 à 5 % de cellulose ayant échappé à l'action des acides. Une dissolution d'iode dans l'iodure de potassium donne une coloration noire ou verdâtre aux produits nitrés renfermant des traces de coton non nitré.

c) Des matières minérales.

d) Des produits nitrés (s'élevant à 12 %) moins explosifs que la cellulose endécanitrique.

Dans la fabrication Abel, on fait en sorte d'éloigner préalablement les impuretés du coton et d'obtenir un coton-poudre hautement nitré. Du reste, dans la pulvérisation au moyen de la pile à papier, il se fait un mélange intime des diverses variétés de pyroxyle et l'on obtient un produit final d'une énergie très égale.

L'acidité du coton-poudre est une des causes principales de sa décomposition spontanée; le lavage du coton-poudre en fil est très

pour ainsi dire impossible ; si l'on examine un fil
ope, on constate que le brin jeune est cylindrique et muni
d'un canal capillaire ; le brin vieux est aplati et se pré-
s la forme d'un copeau plat ; mais le canal central existe
te encore. L'acide pénètre dans ce canal pendant la nitra-
ne peut en être que fort difficilement délogé. Dans la
de d'Abel, ce brin, étant coupé et divisé à l'extrême, est d'un
facile.

méfiance universelle, basée sur des décompositions spontanées
produisirent plusieurs catastrophes, avait provoqué l'abandon
cet explosif, tant dans les arts militaires que dans l'industrie ;
dynamite fit entrer un instant le pyroxyle dans l'oubli, malgré
s efforts de quelques chimistes, parmi lesquels nous citerons notre
minent compatriote Melsens.

Aujourd'hui, grâce à l'invention d'Abel, la pulvérisation et le
moulage en cartouches, grâce à la pureté du produit, le coton-
poudre constitue un explosif de premier ordre, tant au point de vue
de la force que de la stabilité chimique. Il a rapidement regagné le
temps perdu et il est généralement préféré à la dynamite dans les
armées, à cause de la sûreté de son emploi et des moyens simples
qu'on possède de le rendre à un moment donné absolument inoffensif.

369. Fabrication du coton-poudre à la poudrerie du Moulin-Blanc (France). — On recherche le coton à fils longs, avec le moins d'ouate possible. Après triage, il est cardé ; on obtient une espèce de toison qu'on enroule en rouleaux qui passent sur des cylindres sécheurs. On trempe dans des pots renfermant l'acide sulfo-nitrique pendant douze heures. On turbine et on immerge dans des caisse parcourues par un courant d'eau froide.

Le lavage consiste à faire 8 lavages d'une heure et demie da *l'eau maintenue à l'ébullition*[1] par un courant de vapeur ; on fait a

[1] On remarquera qu'il y a une différence essentielle entre la méthode Moulin-Blanc, appliquée aussi à Angoulême, et la méthode classique Abel. la purification du CP se fait par bouillissage, et le pilage ne sert q ité, tandis que dans le procédé Abel c'est le pilage qui es

à chaque opération 750 litres d'eau sur 75 kg. de coton-poudre. Le premier et les deux derniers sont faits avec de l'eau pure, les autres avec de l'eau additionnée d'environ 280 gr. de carbonate d'ammoniaque par mètre cube.

Ces lavages se continuent jusqu'à ce que l'épreuve de chaleur donne 18 minutes. Lorsque l'eau est calcaire, l'addition de carbonate d'ammoniaque est inutile. A Stowmarket, on fait actuellement subir au coton-poudre 14 à 15 lavages de quatre heures avec de l'eau pure (qui est assez calcaire), maintenue à l'ébullition par un jet de vapeur.

Le pilage du coton-poudre se fait comme à l'ordinaire. Les charges des piles sont versées dans des laveurs, non plus pour y subir un lavage final comme autrefois, mais pour être mélangées par lots de 1000 kg. L'eau n'est pas renouvelée, on évite par là une perte de pâte.

La pâte passe ensuite à l'*épurateur;* celui-ci se compose d'un réservoir avec agitateur; on y fait arriver la pâte des laveurs; elle s'écoule dans un bac épurateur où elle est agitée et où elle passe de bas en haut à travers un tamis de bronze, à fentes de 1 mm., animé d'un mouvement de trépidation. On sépare ainsi les morceaux de bois, graviers, fibres mal pilées, grumeaux. Enfin, la pâte est envoyée dans des fosses dont le fond est formé de briques perforées et recouvertes de toile; puis on turbine. On moule; le coton-poudre final renferme 30 % d'eau.

Le coton-poudre était autrefois immergé pendant une heure dans une dissolution de carbonate de soude à 18° B.; seulement, le carbonate de soude a l'inconvénient de diminuer la stabilité à l'épreuve de la chaleur et de donner une teinte brunâtre à la masse. L'alcalinisation, du reste, n'était que superficielle. Actuellement, on emploie le carbonate de chaux qui est ajouté à l'eau des laveurs; on fait tourner vingt-quatre heures pour avoir un mélange homogène.

La compression se fait au Moulin-Blanc au moyen d'une presse de 1500 tonnes, donnant une pression de 650 kg. par centimètre carré afin d'avoir des densités plus grandes que 1,00.

Pour préserver le CP contre les ferments, on mêle quelquefois des désinfectants, un peu de sublimé ou, comme en Angleterre, une solution de 1 p. de carbonate de sodium + 3 p. d'acide phénique et 160 p. d'eau.

Ces additions rendent précaires l'essai à la chaleur d'Abel.

370. Regagnage des acides. — Dans certaines usines, les acides, après le premier trempage, sont enrichis avec une certaine quantité d'acides neufs et ils servent à une nouvelle nitrification. On obtient un nitro-coton dit n° 2 qui est moins fort que le premier, dit nitro-coton n° 1. Enfin les acides servent une troisième fois après avoir été enrichis par des acides neufs et l'on obtient le nitro-coton n° 3 qui est en majeure partie du coton-poudre soluble.

Les acides sont alors régénérés dans les tours au moyen de la vapeur d'eau. L'acide sulfurique est concentré et rentre en travail.

Dans d'autres usines, les vieux acides sont employés en partie pour la fabrication de l'acide nitrique par réaction sur le nitrate de soude.

Grâce à la fabrication industrielle de l'anhydride sulfurique ou *oléum*, la régénération des acides devient facile. Les vieux acides sont analysés; on y ajoute la quantité d'oléum voulue pour absorber l'eau et on ajoute de l'acide nitrique frais pour reconstituer un bain nitrant neuf.

La fabrication du CP entraîne la manipulation de quantités considérables d'acides. Un kg. de CP de guerre emporte avec lui 7 kg. environ du mélange sulfonitrique. De ces 7 kg. on extrait par essorage 5k5 environ d'un mélange auquel on donne le nom de *vieux acides:* ces vieux acides sont réemployés à leur tour, soit pour la production de CP ayant un taux de nitrification moins élevé, soit pour la fabrication de l'acide nitrique.

En résumé, pour chaque kg. de CP on a à manipuler : 1° 7 kg. d'acides neufs nécessaires à la nitrification; 2° 5k5 de vieux acides, soit au total 12k5 de mélange acide.

Composition des vieux acides.

SO^4H^2	76
NO^3H	12
Vapeurs nitreuses	1
Eau	12

371. Pulvérisation chimique. — Hydrocellulose d'Aimé Girard. — Les matières cellulosiques subissent souvent une modification remarquable dans leur état physique; leur souplesse, leur élasticité naturelle disparaissent, elles deviennent cassantes d'abord, puis friables à ce point qu'on peut aisément les réduire en poussière. Tel est le cas des tissus de toile et de coton soumis au blanchissage répété; les rideaux de fenêtres, etc.

Sous l'influence des acides minéraux et même végétaux, tantôt étendus, tantôt concentrés, dans des conditions variables de température et de temps, la cellulose $(C^{12}H^{20}O^{10})^n$ se transforme par hydratation en un composé nouveau $(C^{12}H^{22}O^{11})^n$ que M. Girard appelle *hydrocellulose*, qui possède des propriétés particulières et beaucoup des propriétés de la cellulose normale, entr'autres celle de donner des pyroxyles.

Préparation de l'hydrocellulose. — Les procédés de fabrication sont très nombreux, ils reposent sur l'action des acides qui, suivant leur énergie, leur état de concentration, le temps pendant lequel le contact avec la matière se prolonge, suivant la température à laquelle a lieu ce contact, déterminent une hydratation de la cellulose plus ou moins rapide et plus ou moins complète.

a) *Emploi des acides concentrés.* — On fait usage de l'acide sulfurique à 45° B. (D = 1,453) à la température de 15°. L'opération est terminée au bout de douze heures. L'acide chlorhydrique à 21° B. provoque la transformation en vingt-quatre heures.

b) *Emploi des acides gazeux et hydratés.* — L'acide chlorhydrique gazeux agit promptement : à froid, il suffit d'une heure; à chaud et humide, tel qu'il provient du chauffage de l'acide du commerce, l'opération est terminée en quelques minutes. L'action n'a pas lieu avec l'acide chlorhydrique sec; il doit être hydraté.

c) *Emploi des acides étendus et des acides faibles.* — Il est préférable d'employer des procédés qui n'exigent qu'une petite proportion de réactifs; à l'action de ceux-ci, il suffit d'adjoindre soit l'action du temps, soit celle de la chaleur. C'est en opérant à froid que l'on obtient les produits les plus parfaits, mais la transformation exige alors deux ou trois mois.

La matière cellulosique est d'abord plongée dans le bain d'acide; tous les acides minéraux conviennent. La richesse du bain peut varier dans les plus larges limites; si l'on veut obtenir une action prompte et complète, il convient de l'étendre à 3 %.

Retirée du bain après quelques minutes d'immersion et lorsqu'elle est bien imprégnée de liquide, la matière cellulosique : coton, toile, papier, est placée dans un linge que l'on tord fortement et par cet essorage elle est débarrassée de la plus grande partie de la solution dont elle ne retient plus que 35 à 45 % de son propre poids; on peut employer des essoreuses centrifuges.

La matière cellulosique est divisée autant que possible et abandonnée à l'air à la dessiccation à l'état hygrométrique normal.

En cet état, elle est introduite dans un vase de grès, de verre, de tôle émaillée, etc., ou de toute autre matière non attaquable par les acides, puis le vase fermé est logé dans une étuve.

Si le bain acide a été employé à 3 %, huit à dix heures de chauffe à 35° suffisent; à 70°, trois heures sont nécessaires; il ne faut pas aller au delà, sinon l'hydrocellulose se colore par l'action de l'acide; on lave enfin la matière à l'eau pour la débarrasser de l'acide.

Propriétés. — L'hydrocellulose est un corps d'une friabilité absolue; ses propriétés sont pour la plupart identiques à celles de la cellulose ou du moins n'en diffèrent que par une sensibilité plus grande aux réactifs. L'hydrocellulose s'oxyde facilement; elle est quelquefois rose ou roussâtre si l'action de l'acide n'a pas été ménagée, sinon elle est absolument blanche. Elle bleuit par l'iode.

372. Transformation de l'hydrocellulose en pyroxyles friables. — Nitrohydrocellulose. — Les pyroxyles explosifs à base d'hydrocellulose sont obtenus par la méthode d'Abel. On plonge la matière dans un mélange d'acide sulfurique (3 parties) et d'acide azotique (1 partie). Le mélange est refroidi.

Dans 3 kilogrammes du mélange acide on fait tomber peu à peu 250 grammes d'hydrocellulose sèche, on agite avec une spatule. On abandonne douze heures. On jette à l'eau, puis on lave avec soin, on termine par un lavage au carbonate de soude. Rendement 167 % de cellulose sèche.

Il vaut mieux plonger l'hydrocellulose sous sa forme génératrice que sous sa forme pulvérulente ; cette dernière prend un état gommeux qui retarde la libre pénétration des acides.

Les pyroxyles d'hydrocellulose se montrent, quant à leurs propriétés explosives, identiques aux pyroxyles ordinaires ; réduits en poussière *sous l'eau*, ils fusent au lieu de déflagrer instantanément. On peut comprimer en cartouches ce pyroxyle spécial.

Il est un peu plus sensible au choc que le pyroxyle ordinaire ; cela est dû sans doute à son état physique particulier. Il est d'une conservation aussi sûre que le coton-poudre ordinaire. La nitrohydrocellulose est excellente pour la fabrication de cordeaux porte-feu obtenus par étirage.

Il est à noter que l'hydrocellulose se laisse beaucoup mieux et plus complètement attaquer par l'acide azotique que le coton en fil. On obtient un produit plus homogène, très fortement nitré et possédant une grande force explosive. Cette nitrocellulose ne se gélatinise pas avec la nitroglycérine, du moins la variété obtenue par les bains acides froids. Trauzl dans ses amorces pour la gomme explosive, fait usage d'un mélange de 60 % de nitroglycérine et de 40 % de nitrohydrocellulose. Ce mélange constitue l'explosif le plus énergique connu.

L'invention de l'hydrocellulose nitrée permet d'écarter une difficulté dans la fabrication du coton-poudre ordinaire : l'emploi d'un outillage spécial, les piles à papier pour pulvériser le produit en temps de siège.

373. Des oxycelluloses et des nitrooxycelluloses. — Les oxycelluloses s'obtiennent par l'action des oxydants sur la cellulose.

L'oxycellulose de Witz provient de l'action des hypochlorites sur la cellulose. Elle a une composition voisine de la cellulose, mais sa teneur en oxygène est un peu plus élevée.

On obtient l'oxycellulose de différentes façons : 1° en attaquant le bois par l'acide nitrique ; 2° par l'action du brome et du carbonate de calcium sur le coton ; 3° par l'action de l'acide nitrique sur le coton. Par ces actions oxydantes, on obtient une combinaison de cellulose et de celloxine. La celloxine est une cellulose qui contient un atome d'oxygène en plus que la cellulose et aurait pour formule $C^6H^{10}O^6$.

Vignon donne comme nouvelle fabrication de l'oxycellulose la recette suivante : 30 gr. de coton sont chauffés dans 3 litres d'eau + 150 gr. $KClO^3$ + 125 cc. HCl concentré pendant une heure. L'oxycellulose obtenue aurait pour formule

$$C^{24}H^{40}O^{21} = [3(C^6H^{10}O^5) + C^6H^{10}O^6].$$

Muromow, Sack et Tollens ont obtenu l'oxycellulose de la même manière avec un rendement de 86 % du poids du coton.

Leur oxycellulose se présente sous forme de fibres courtes microscopiques, qui se dissolvent en partie en jaune rouge dans une solution de soude caustique ; elle réduit la liqueur de Fehling à chaud.

L'oxycellulose se différencie de la cellulose par la propriété qu'elle possède de se combiner à froid aux matières colorantes basiques (fuchsine, violet de méthylaniline, bleu de méthylène, etc.).

Avec les couleurs phénoliques ou acides (alizarine, campêche, éosine, couleurs sulfonées en général), l'oxycellulose se colore moins que la cellulose ordinaire, ou même ne se colore pas du tout.

La réaction usuelle est son action sur le bleu de méthylène au 5 millième. On chauffe $\frac{1}{2}$ gr. du produit à examiner au bain-marie avec 150 cc. de bleu pendant 1 heure. Après refroidissement, 100 cc. de la solution sont comparés avec 100 cc. de la solution originelle dans un colorimètre et on détermine la perte de matière colorante.

On peut aussi essayer par le réactif de Schiff pour les groupes aldéhydiques. On décolore 150 cc. de solution aqueuse au $\frac{1}{1000}$ de fuchsine par 100 cc. de bisulfite de soude, D = 1,30, et complétant au litre ; finalement on ajoute 15 cc. SO^4H^2 concentré. On obtient un réactif beaucoup plus sensible en décolorant exactement la solution de fuchsine par un courant lent de SO^2.

Dans le processus de la nitration, en employant des mélanges d'acides dilués, il se forme certainement de l'oxycellulose et peut-être aussi de la nitrooxycellulose. Les essais de Lunge et Bebie démontrent que les produits obtenus avec des acides concentrés ne contiennent pas d'oxycellulose.

L. Vignon a préparé deux échantillons de cellulose et d'oxycellulose nitrées renfermant les teneurs suivantes en azote :

Cellulose fortement nitrée. . . .	13,50 %
» faiblement nitrée . . .	8,19
Oxycellulose fortement nitrée . .	13,90
» faiblement nitrée . .	8,56

Tous ces dérivés réduisent fortement la liqueur de Fehling à l'ébullition et leur pouvoir réducteur est : 1° indépendant du degré de nitration de la cellulose et de l'oxycellulose; 2° égal à peu près pour la cellulose et l'oxycellulose; 3° cinq fois environ plus petit que celui du sucre interverti. En comparant ces résultats à ceux déjà connus, on peut en conclure que la nitration de la cellulose est précédée de la formation d'oxycellulose et qu'en réalité on obtient dans cette nitration non pas de la nitrocellulose mais de la nitrooxycellulose.

374. Dessiccation du coton-poudre. — Lorsque le coton-poudre est destiné à la fabrication des cartouches comprimées, on ne le sèche pas.

Mais lorsqu'il est destiné à la fabrication de la poudre de guerre ou à celle des dynamites gélatines, on doit le sécher.

La dessiccation se fait en disposant le coton-poudre pulpé dans des cadres à fonds de toile très serrée pour empêcher le tamisage. Ces cadres sont glissés dans des étagères disposées dans un séchoir à vapeur d'eau. La température ne doit pas dépasser 45°.

La dessiccation doit se faire avec la plus grande prudence. Du CP maintenu vers 80°-100° se décompose lentement et peut même finir par s'enflammer.

On doit éviter dans les séchoirs les tuyaux à vapeur, des poussières de CP peuvent se déposer sur eux et subir à la longue une décomposition ignée. Les tuyaux doivent être cachés dans les murs contre le plancher, dans un canal où l'on amène l'air froid par un ventilateur; l'air chauffé est ensuite lancé dans le séchoir au travers de toiles métalliques serrées.

Comme le coton-poudre s'électrise même sous l'influence du

frottement de l'air chaud, M. O. Guttmann préconise le séchage sur des plaques de cuivre percées de trous coniques (la large base en dessous), pour éviter le tamisage du CP et permettre le passage de l'air. Les plaques de cuivre sont reliées au sol par un système de crochets et de chaînettes de cuivre pour l'écoulement de l'électricité.

M. Guttman cite un cas curieux. Un ouvrier, dans une fabrique de poudre sans fumée, faisait des remuages à la main. Le sol de la pièce était recouvert de plomb et l'ouvrier avait des chaussures à semelles en caoutchouc. Il abandonna un instant son travail et voulut tremper son doigt dans une cuvette à acétone quand une étincelle jaillit de son doigt et enflamma le liquide. L'essai fut recommencé et réussit chaque fois. Mais quand au travers de la semelle on mettait un clou, l'accident n'arrivait plus.

375. Appareil système Rouart frères et G. Sencier pour le séchage des explosifs.

Cet appareil très ingénieux est basé sur l'emploi de l'air sec et chaud.

Pour obtenir de l'air sec, on procède par refroidissement à —7° ou —8° c. On fait usage d'une machine à glace dont les tubes réfrigérants passent dans une bâche fermée renfermant une solution concentrée de chlorure de calcium. L'air est amené sous pression au moyen de tubulures à la surface de la solution froide. Les tubulures plongent de quelques millimètres dans le liquide. Ce leger barbotement est suffisant pour refroidir l'air, dont l'eau se condense et se dissout dans le bain de chlorure calcique.

L'air sec est ensuite dirigé vers un réchauffeur quelconque; et de là il est introduit dans le séchoir.

376. Propriétés du coton-poudre. — Lorsqu'il est en fils, il a l'aspect du coton qui lui a donné naissance; il est cependant plus rude au toucher, plus élastique que le coton; il est sans odeur, sans saveur, neutre aux papiers réactifs; il est très électrique. Une lanière de coton-poudre frottée entre les doigts dégage, le soir, une lueur phosphorescente. Cette propriété électrique n'existe que lorsque le coton-poudre est parfaitement sec. Pour s'assurer que l'explosif est bien sec, on peut l'électriser par le frottement; ce procédé est si

ensible qu'il suffit de souffler sur une touffe de coton-poudre sec our lui faire perdre cette propriété.

Il est insoluble dans l'eau et s'y conserve indéfiniment; insoluble ans l'alcool et dans l'éther; certaines variétés sont solubles dans lcool éthéré (voir *Collodion)*. Il est soluble dans l'éther acétique, cétone, l'acétate de méthyle, l'acide sulfurique concentré.

Les dissolvants du coton-poudre. — La question des dissolnts des différentes variétés du coton-poudre a acquis une très ande importance à la suite de l'invention des poudres sans fumée de la soie artificielle.

L'acétone semble être le seul dissolvant de toutes les variétés de oton-poudre. Il a été classé comme un dissolvant général en oppotion avec d'autres dissolvants spéciaux qui n'agissent que sur telle u telle variété de CP. Les brevets indiquent un grand nombre de lissolvants qui agissent souvent d'une manière douteuse.

Quoi qu'il en soit, voici une liste de dissolvants recueillis patiemment par M. O. Guttman dans les brevets pris depuis de longues années. Il va sans dire que la solubilité dans un dissolvant d'une espèce de CP n'est pas une indication de sa solubilité dans une autre.

Dissolvants de la nitrocellulose.

Acide nitrique à 80° c.

Acide sulfurique.

Alcools méthylique, éthylique, propylique, butylique, isobutylique et amylique.

Méthylal, acétal, aldéhyde isovalérique et ses dérivés, autres aldéhydes; acétone, diéthylacétone, propione; dibutyl, dipentyl, méthyl-éthyle, méthyl-propyle, métyl-butyle, méthyl-amyle, éthyl-butyle, acétones.

Éther éthylique à basses températures (— 100° au-dessous du point de congélation de l'alcool à 95° c.).

Éther amylidène-diéthylique et éther amylidène-diméthylique.

Éther méthyl-amylique.

Acide acétique glacial, acide butyrique.

Acide sulfovinique, éthers chlorhydrique et nitrique. Nitra d'amyle, nitrates de méthyle et d'amyle.

Nitroglycérine; nitromannite.

Les éthers méthylique, éthylique, propylique, butylique et an lique des acides suivants : formique, acétique, butyrique, va rianique, oxalique, succinique, sébacique, tartrique, citrique leurs dérivés nitrés : chlorés, bromés, chloro-nitrés, chloro-brom acétylés et benzoylés.

Les éthers alkylés des acides ayant agi sur les graisses, huiles, leurs savons.

L'acétine, le chloroacétate de chloramyle.

Les glycérides des acides acétique et chlorhydrique tels q l'acéto-chlorhydrine et la diacéto-chlorhydrine.

L'ammoniaque dissoute dans l'éther éthylique.

Le mélange des alcools méthylique, éthylique, propyliqu butylique, isobutylique et amylique avec l'un des corps suivant:

a) Éthers méthylique, éthylique, propylique, butylique amylique.

b) Les aldéhydes telles que : l'acétaldéhyde et leurs compos avec l'alcool comme le méthylal, l'acétal, etc.

c) Les acides acétique, lactique, lévulinique, oxalique, tartriq citrique.

d) Les éthers des acides dénommés en *c*.

e) Les sels des acides mentionnés en *c* ainsi que ceux acides chlorhydrique et sulfovinique, avec l'ammonium, le sodiu le potassium, le magnésium, le calcium, le strontium, le baryu l'aluminium, le zinc, pourvu que ces sels soient solubles d l'alcool.

Les alcools polyatomiques tels que le glycol et le glycérol, mélan avec les éthers des acides acétique, lactique, lévulinique, oxaliq tartrique et citrique.

La palmitone et la stéarone en solution alcoolique.

L'alcool en imprégnation, puis la solution dans les alcalis caus ques ou les sulfures Na, K et Am.

La benzine.

L'esprit-de-bois distillé sur $CaCl^2$, le $ZnCl^2$ ou le $MnCl^2$.

L'alcool méthylique ozonisé, le fuseloil, l'acétone, l'acétal, l'éther amyl-éthylique ozonisés.

Le produit de la distillation d'un mélange d'alcool méthylique, d'alcool amylique, de benzine et d'acide acétique.

Le benzol, l'aniline, la pyridine.

Les dérivés nitrés, chloro-nitrés, bromo-nitrés des hydrocarbures aromatiques.

Les dérivés acétylés et benzoylés, les amines secondaires aromatiques.

Les acétones solides telles que la méthylnaphtylacétone, la dinaphtylacétone et les dérivés correspondants du naphtol ainsi que les éthers de ces acétones.

La benzylidène acétone.

La paranitro-benzaldéhyde.

L'acide phtalique, l'acide phtalmique et leurs anhydrides.

La coumarine.

La benzine.

Les éthers des acides inorganiques avec le phénol et le naphtol.

Les éthers méthylique, éthylique, propylique, butylique et amylique des acides : benzoïque, toluique, mésitylinique, hippurique et phtalique, ainsi que les dérivés chlorés, bromés, nitrés, chloro-nitrés, bromo-nitrés, acétylés et benzoylés de ces éthers.

Les éthers des nitro-phénols.

Les éthers du phénol et les dérivés des acides aliphatiques monovalents et polyvalents, tels que les acides carbonique, formique, propionique, tartrique et citrique (on mentionne en particulier dans cette classe : l'éther diphényl carbonique, l'éther naphtol propionique, le diacétyl résorcinol, l'acétyl naphtol, l'acétyl chloronaphtol, l'acétyl nitronaphtol).

Les éthers phosphoriques de dérivés halogénés ou autres des naphtols, crésols. Les éthers de l'acide thiophosphorique avec les phénols-crésols, naphtols et leurs produits de substitution (exemple : Triphényl et trinaphtylphosphates, monochlorotricrésylphosphate, tétranitrotrinaphtylphosphate, tricrésylthiophosphate, dichlorodiphénylthiophosphate, dinitrotrinaphtylthiophosphate).

Les éthers des acides phtalique et phtalonique.

Les glycérides de l'acide benzoïque, de l'acide hippurique.

Les anilides et leurs homologues (formanilide, acétanilide, acétotoluidine, acétoxylidine).

Les dérivés acidyliques des amines secondaires ne contenant que des radicaux aromatiques (Formyldiphénylamine, acétyldiphénylamine, acétylphényltolylamine, acétylphénylnaphtylamine, par exemple).

L'α et le β naphtol et l'anthraquinone en solution alcoolique.

La créosote, le camphre, les dérivés chlorés, bromés, nitrés, chloronitrés, bromonitrés du camphre.

La thuynone, la puligone, l'huile de camphre (?), la térébenthine, l'huile de carvi ozonisées.

Le camphre artificiel (terpènes dissous dans l'alcool).

Les huiles de résine (?) et les résines nitrées.

Le camphre dissous dans SO^2, CS^2, les hydrocarbures, l'alcool, l'éther.

Les alcools méthylique, éthylique, propylique, butylique, isobutylique et amylique mélangés avec :

a) Les aldéhydes comme la benzaldéhyde et ses composés avec l'alcool.

b) Les nitrophénols, aminophénols; l'acide hydroxybenzoïque.

c) Les nitrodérivés solubles dans l'alcool des hydrocarbures aromatiques.

d) La pyridine, la quinone et leurs homologues.

Les acétones brutes mélangées avec la benzaldéhyde.

L'industrie a retenu seulement quelques dissolvants, tels que : l'acétone, l'éther acetique, le mélange alcool-éther.

Le coton-poudre pur, c'est-à-dire exempt de coton non attaqué, ne noircit pas ou ne verdit pas par l'emploi d'une dissolution d'iode dans l'iodure de potassium. La cellulose ne se colore pas par l'iode, mais elle se colore en bleu quand elle a été soumise à l'action de l'acide sulfurique. On peut, par ce moyen, vérifier si dans une fabrication le taux maximum de nitrification est atteint.

Lorsque le coton-poudre est comprimé, il se présente sous l'aspect

du carton blanc; les cartouches sont cylindriques comme celles de la dynamite; quelquefois elles sont cubiques, hexagonales, prismatiques, etc.; on peut, par la compression, leur donner telle forme que l'on désire et appropriée à l'usage spécial auquel on les destine.

Nous avons vu des cartouches destinées à faire sauter le matériel de chemin de fer, avoir le profil d'un rail; celles destinées à mettre des bouches à feu de campagne hors de service, pourront être cylindriques et avoir le diamètre un peu inférieur au calibre de la pièce.

La densité absolue du coton-poudre est égale à 1,634; celle du coton-poudre comprimé est de 1 à 1,40. Le coton-poudre n'est pas hygroscopique.

Dans les circonstances d'une conservation normale à l'air, le CP renferme en moyenne de 1,5 à 2 °/₀ d'humidité. Sous cloche avec l'air saturé, la teneur monte à 6 °/₀.

Le coton-poudre en fil s'enflamme à 180°; il déflagre très vivement en dégageant une flamme jaune. Le coton-poudre comprimé allumé à l'air ne déflagre pas; il brûle avec lenteur en dégageant une flamme vive; si la masse de l'explosif est un peu grande, la combustion peut être suivie d'une explosion.

Lorsqu'on chauffe le coton-poudre à 100°, son inflammation par un corps en ignition est fort souvent accompagnée de son explosion; il est, sous ce rapport, plus dangereux que la dynamite. En vase clos, la chaleur le fait toujours exploser.

La température d'inflammation varie suivant les circonstances. Lorsqu'on chauffe un peu rapidement, l'inflammation se produit à 180°, mais chauffé très lentement, la température peut atteindre 200°. Munroe trouva pour le CP comprimé 192 à 201° et Walke 186 à 201°.

Le CP sec peut s'enflammer par l'étincelle électrique et naturellement par un fer rougi; on en fait l'application dans les détonateurs électriques au fulminate de mercure.

Le coton-poudre sec en floches déflagre rapidement, mais sous forme de fils tressés la combustion est ralentie. Il en est de même du CP humide qui, à une certaine dose d'eau, ne brûle plus du tout.

La vivacité du CP sec en floche est telle qu'on peut sans changer

l'allumer sur la main, sur du papier sans jaunir celui-ci ; en disposer même sur la poudre noire sans que celle-ci ne s'enflamme.

Le contact du potassium ou du sodium bien sec détermine l'explosion du CP. Il en est de même de l'arsenic en poudre un peu chauffé.

377. Examen des celluloses nitrées au microscope polarisant. — MM. Lunge et Bebie ont fait les observations suivantes (*Moniteur scientifique du docteur Quesneville*, mai 1902) :

A la lumière polarisée, les produits de nitration maximum présentent une coloration bleue. Ces produits dont la teneur en azote est comprise entre 13,9 et 13,0 %, ne peuvent être différenciés entre eux par l'examen en lumière polarisée. A mesure que la teneur en azote augmente, la couleur bleue devient moins intense, mais sans jamais tourner au gris ardoisé ou disparaître. Sans doute, on peut observer en certains points quelques fibres grises, mais non pas en proportion de l'accroissement en teneur d'azote. Au contraire, les types de nitration maximum (13,9 % Az) présentent une teinte d'un bleu presque pur et dans les produits à 13 % d'azote (beaucoup de fibres sont grises bien que toujours mélangées à des fibres bleues). En outre, on a observé qu'en faisant tourner la table de l'objectif les fibres bleues deviennent grises, et vice-versa ; en d'autres termes, la couleur bleue apparaît dans certaine position, la couleur grise dans une autre.

A partir de 12,4 d'azote et au-dessous, beaucoup de fibres présentaient un éclat gris, qui, par éclairage en dessus, passait généralement en jaune pâle, mais parfois aussi ne présentait aucune altération. Ce phénomène se produit jusqu'à ce que la teneur se soit abaissée à 10,66 %. Au-dessous de 10 % d'azote, la structure est toujours partiellement détruite et on n'a pu faire aucune détermination précise.

Quant à la cellulose non transformée, elle présente très nettement un éclat variant du jaune à l'orangé avec çà et là quelques irisations.

Comme les effets de la polarisation ne dépendent pas seulement de la composition chimique, mais aussi de la structure physique de la fibre, on ne saurait établir de distinctions aussi nettes que celles adoptées par certains observateurs. Tout ce que l'on peut dire, c'est qu'il est possible de distinguer très nettement :

1° La cellulose non transformée, par son éclat jaune orangé, avec teintes irisées.

2° Les produits fortement nitrés (à partir de 12,75 % N) par leur éclat bleu, moins intense toutefois que le précédent.

Lorsqu'il s'agit de coton-collodion, dans lequel la structure de la fibre est modifiée jusqu'à un certain point et qui contient davantage de cellulose inaltérée, le microscope polarisant n'est plus d'aucun service. Avec 5 % seulement de cellulose non modifiée, la majeure partie du champ du microscope présente une coloration jaune ; avec 15 % de cellulose non modifiée, les phénomènes de polarisation des fibres nitrées deviennent absolument invisibles. Par conséquent, si la polarisation est un utile moyen de rechercher qualitativement la présence de petites quantités de cellulose inaltérée, elle ne saurait être d'aucune utilité dans l'examen des cotons-collodions.

378. Dénitration de la pyroxyline. — C'est une opération importante dans la fabrication de la soie artificielle.

Les sulfures alcalins et surtout le sulfure d'ammonium ramènent le CP à l'état de cellulose (Béchamp) ou de fulminose (Blondeau).

Les hydrates alcalins étendus n'ont presque pas d'action dénitrante ; concentrés, ils dissolvent la pyroxyline en brunissant, et l'on trouve des nitrites et des nitrates sans cellulose.

D'après M. Chandelon, lorsqu'on plonge du fulmicoton dans une solution de sulfhydrate ammonique dont on fait varier le titre de 5 à 20 %, la température monte, le liquide fonce et du soufre se précipite. Il y a en même temps formation d'hyposulfite, de nitrite et de nitrate d'ammonium.

Le CP est bien dénitré : 5 gr. de CP donnent au nitromètre de Lunge 1 à 2 c^3 de NO par gramme alors que CP d'origine donnait 187 c^3. Dissous dans SO^4H^2 il n'y a plus de réaction avec la brucine, mais bien avec le sulfate de diphénylamine.

Les dernières traces de dérivés nitrés sont difficiles à enlever.

Le fil de CP dénitré a une résistance à la traction presque aussi grande que celui du coton ordinaire, mais à sec ; dès qu'il est mouillé il casse sous le moindre effort.

D'après M. Vignon, le chlorure ferreux en solution aqueuse saturée

réagit à l'ébullition sur les nitrocelluloses (ou plus exactement les nitrooxycelluloses) avec dégagement de AzO et si $FeCl^2$ ne contient pas d'acide en excès, la substance ne se dissout pas. Après la réaction, on recueille le produit insoluble et après purification on a déterminé la quantité d'oxyde de cuivre précipité par ce composé d'une liqueur de Pasteur. On a trouvé pour différents termes de la série pour 100 gr.

Oxycellulose.	10,36 CuO.
Cellulose nitrée.	13,71
Oxycellulose réduite par $FeCl^2$.	10,52
Cellulose nitrée réduite par $FeCl^2$.	11,70
Oxycellulose " "	16,83

L'action de $FeCl^2$ élimine donc les groupes AzO^2, mais laisse intact le groupe aldéhydique; on obtient en somme de l'oxycellulose.

Le sulfure Am agit plus énergiquement : les groupes NO^2 sont éliminés et le groupe aldéhydique détruit. On est ramené à la cellulose ou à l'hydrocellulose sans action sur la liqueur cupropotassique.

L'explication de cette différence d'action est très simple : dans le premier cas, la réduction s'effectue en milieu acide en donnant des produits de réduction oxydants ($Fe^2Cl^6 . AzO^2$), tandis que dans le second celle-ci s'effectue en milieu alcalin avec formation de sulfate et d'azotate d'ammoniaque.

379. Expériences faites à Caulille sur le coton-poudre pulpé à l'état sec (2 à 3 % d'eau au plus) par M. Guchez, ingénieur, inspecteur général des fabriques d'explosifs, et M. Van Vyve, directeur de la poudrerie de Caulille.

Les essais ont porté sur du coton-poudre fort (coton-poudre de guerre dégageant de 200 à 210 c^3 d'AzO) et sur du coton-poudre faible (pour collodion et dynamite-gomme, dégageant 185 à 200 c^3 d'AzO).

Choc. — 1° Choc d'un marteau en fer de 1 kilogr. sur une enclume d'acier. La matière pulvérulente est à l'état nu. Le fulmicoton fort détone sous un choc faible (levée de 2 à 3 centim seulement). Le nitro-coton faible détone dans les mêmes conditions L'explosion n'affecte que le point frappé, sans se propager à l masse environnante.

2° Petites cartouches en papier contenant 1 gramme de matière assée par pression au moyen d'un bourroir en bois. Choc d'un marteau de 4 kilogr. tombant de 0m75 sur une enclume d'acier. Le coton-poudre explose ainsi que le coton-poudre faible. Il reste un éger culot aplati (donc explosion partielle) qui détone au 2e coup.

3° Un gramme de coton-poudre fort pulvérulent posé sur une enclume; on recouvre d'une planchette de Canada de 1 centimètre l'épaisseur. Marteau de 4 kilogr. Levée 1 mètre.

1re expérience : 1er coup : inflammation sans explosion.

1re expérience : 2e coup (sur la même planchette déjà légèrement aplatie) : explosion.

2e expérience : Dans les mêmes conditions que la première : explosion au 1er coup.

4° Même marteau, même levée. — La matière explosive est placée sur l'enclume entre deux planchettes de Canada de 1 centimètre d'épaisseur.

1er coup : néant, projection de la matière.

2e „ : „

3e „ : „

4e „ : „

Chocs par frottements (coups glissants). — Un marteau de 1 kilogr. frotte du coton-poudre fort sur une barre de fer; la matière décrépite.

Chocs divers. — *Bois sur fer.* — Maillet de bois de 3 kilogr. sur enclume de fer. Le nitro-coton fort n'explose pas malgré des coups portés aussi fort que possible.

Cuivre sur fer. — Marteau de cuivre de 1 kilogr. Les coton-poudres fort et faible détonent facilement.

Cuivre sur cuivre. — Marteau de cuivre de 1 kilogr. sur plaque de cuivre. Le coton-poudre fort et le faible détonent plus difficilement que cuivre sur fer.

Cuivre sur bois blanc. — Marteau de cuivre de 1 kilogr. Résultat nul malgré les coups les plus violents.

Fer sur bois blanc. — Marteau de 4 kilogr.; pas d'explosion malgré les plus forts coups.

Fer sur chêne. — Résultats nuls.

Fer sur grès. — Marteau de 1 kilogr. Détonation facile.

Cuivre sur grès. — Marteau de 1 kilogr. Détonation facile. Il aurait donc lieu de proscrire les bourroirs en fer et en cuivre.

Choc des balles. — Fusil Mauser belge à 10 mètres de distance (charge 2 ½ gr. poudre L_3, balle 14,5 gr. $V_{25} = 580$ mètres).

On a tiré sur des cartouches en papier contenant 27 à 28 grammes de fulmicoton en pulpe sèche, tassé dans des étuis par couches successives à l'aide d'un mandrin en bois. Le calibre des cartouches est de 25^{mm} et la longueur de 10 centimètres environ.

a) Deux cartouches de nitro-coton fort sont appuyées contre une plaque en tôle de fer de 4^{mm} d'épaisseur; les deux cartouches s'enflamment et brûlent lentement.

b) Même expérience sur deux cartouches de coton-poudre faible. On obtient les mêmes résultats.

On répète les mêmes expériences en interposant entre les cartouches et la tôle une planchette de Canada de 10^{mm} d'épaisseur :

Coton-poudre fort : 1er essai; cartouche traversée, néant.

2e " " "

3e " " "

Action de la chaleur. — 1° Contact d'une allumette enflammée à l'air libre. Le coton-poudre est en traînée de 0^{m}20 de long. Les deux variétés brûlent assez lentement avec une flamme jaune.

2° Cartouche de nitro-coton fort (28 grammes environ) posée sur une barre de fer et recouverte d'une motte de terre. Mise à feu au moyen d'une mèche enfoncée dans la cartouche, sans détonateur. Simple déflagration, combustion vive sans explosion. Le papier de la cartouche reste intact et la motte de terre en place.

3° Inflammation de la matière comprimée en vase clos à l'aide d'une mèche sans détonateur. On fait usage d'un obus de canon de 8^{c},7. Charge de 2 ½ cartouches de coton fort fortement tassé, soit 75 grammes. On tasse le contenu de 2 cartouches, puis on place la mèche, puis on retasse une demi-cartouche autour de celle-ci. On enterre l'obus, la pointe en bas, dans le sable, et on recouvre d'un projectile de 94 kilogr. Résultat : fragmentation parfaite de l'obus.

4° Détonation à l'air libre sur une tôle à l'aide d'un détonateur de 1 ½ gramme.

a) Une cartouche tonite de 50 grammes. Forte détonation, tôle déchirée nettement sur un rectangle 22 × 29 centimètres.

b) Deux cartouches (environ 60 grammes) de coton-poudre fort placées côte à côte : même capsule : la tôle est simplement déformée, creusée en gouttière sans déchirure.

c) Barre de fer de 100/10^{mm} placée sur supports distants de 0^{m}58.

1° Une cartouche tonite de 50 gr. Belle détonation, la barre est ployée et creusée en gouttière; formation d'une flèche de 12 centimètres.

2° Deux cartouches de coton-poudre fort liées ensemble. Belle détonation; flèche de 6 centimètres.

380. Produits de l'explosion du coton-poudre. — D'après les études de MM. Sarrau et Vieille *(Mémorial des poudres et salpêtres*, t. II, p. 126), les produits de l'explosion varient avec les densités de chargement. Les deux formules suivantes peuvent être adoptées comme répondant aux analyses :

1° $C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11}O^{20} = 15CO + 9CO^2 + 9H^2O + 5{,}5H^2 + 5{,}5Az^2$ (faible densité de chargement).

2° $C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11}O^{20} = 12CO + 12CO^2 + 6H^2O + 8{,}5H^2 + 5{,}5Az^2$ (forte densité de chargement).

MM. Sarrau et Vieille ont fait remarquer que lorsque des explosifs ne renferment pas assez d'oxygène pour assurer la combustion complète de leurs éléments, la réaction de décomposition donne alors lieu, dans un grand nombre de cas, à un équilibre entre les produits exclusivement gazeux, les uns complètement oxydés tels que l'acide carbonique et la vapeur d'eau, les autres inoxydés ou partiellement oxydés tels que l'hydrogène, l'azote, le formène et l'oxyde de carbone. L'expérience montre que cet équilibre final se modifie quand on augmente la densité de chargement, de façon à soumettre les produits de la décomposition à des pressions croissantes et différant entre elles de plusieurs milliers d'atmosphères.

Deux réactions principales régissent la transformation progressive de l'équilibre. Elles concourent toutes deux à diminuer le taux

xyde de carbon
rbonique.

La première réaction est :

$$CO + H^2O = CO^2 + H^2.$$

La seconde se manifeste quand la première réaction a diminué le taux de vapeur d'eau, ou lorsque le produit explosif est assez peu oxygéné pour ne fournir la vapeur d'eau qu'en faible quantité. Il se forme du formène (gaz des marais) :

$$2CO + H^4 = CO^2 + CH^4.$$

Les produits de la combustion varient donc avec la densité de chargement. Il y a augmentation de CO^2 et de H.

MM. Sarrau et Vieille ont fait des expériences sur un CP endécanitrique (n = 11) : $C^{24}H^{29}(NO^2)^{11}O^{20}$.

$C^{48}H^{58}(NO^2)^{22}O^{40} =$

Densité de chargement.	Pressions en atmosphères.	Formules de décomposition répondant aux analyses.
0,010	100	$33\,CO + 15\,CO^2 + 8\,H^2 + 21\,H^2O + 11\,N$
0,023	—	$30\,CO + 18\,CO^2 + 11\,H^2 + 18\,H^2O + 11\,N$
0,200	—	$27\,CO + 21\,CO^2 + 14\,H^2 + 15\,H^2O + 11\,N$
0,300	4000	$26\,CO + 22\,CO^2 + 15\,H^2 + 14\,H^2O + 11\,N$

Dans les conditions des armes à feu avec une densité de charg ment maximum, les gaz produits se rapprochent plus ou moins de limite :

$$2\,C^{24}H^{29}(NO^2)^{11}O^{20} = 24\,CO + 24\,CO^2 + 17\,H^2 + 12\,H^2O + 11$$

Il n'y a aucun dégagement de vapeurs nitreuses.

le coton-poudre est enflammé à une pression vois rique, par exemple, par un fer rougi ou spond dans les mines à ur grande ab

MM. Sarrau et Vieille ont trouvé que, dans ce cas, la composition des gaz est, en litres, pour 1 kilogramme d'explosif :

	Raté de détonation.	Combustion sous pression atmosphérique.
Bioxyde d'azote . .	27,96	24,68
Oxyde de carbone .	45,07	41,94
Acide carbonique. .	14,05	18,39
Hydrogène	6,91	7,90
Azote	4,54	5,81
Gaz des marais . .	1,47	1,28
	100,00	100,00

Dans certaines circonstances (longs feux) les poudres sans fumée à base de pyroxyle, employées dans les fusils et les canons, dégagent des gaz nitreux qui peuvent incommoder les soldats et corroder les armes. Il faudra donc que les amorces assurent une explosion correcte.

La combustion du coton-poudre ne laisse que très peu de résidus provenant des cendres du coton, elle ne fournit donc pas de fumée pendant le tir dans les armes à feu.

381. Stabilité du coton-poudre. — La stabilité d'un explosif est la propriété qu'il possède de résister pendant un temps plus ou moins long aux actions qui tendent à le détruire : température, humidité, conditions atmosphériques, emmagasinage, etc.

Le coton-poudre impur, mal lavé et, par conséquent, acide, est sujet à des décompositions spontanées lentes, souvent accompagnées d'explosion.

Lorsqu'on fait l'épreuve de chaleur avec des pyroxyles, on constate que le temps pendant lequel ils résistent à l'action de la chaleur, augmente avec le nombre de lavages à l'eau.

Des expériences faites par M. Vieille sur la nitrohydrocellulose ont montré que le produit obtenu après que les eaux de lavage n'accusaient plus de trace d'acidité, déflagrait à 132° et résistait 1'5" à l'épreuve de chaleur réglementaire, instituée pour la réception du fulmi-coton de la marine (action d'une température de 65°). Puis les lavages se succédant, les eaux étant portées à 40°

et rendues alcalines, le point de déflagration est monté à 145°, puis à 178°, tandis que l'épreuve de chaleur donnait 3 minutes, puis 11 minutes. Quatre nouveaux lavages ne font plus gagner que 2° (180°) pour le point de déflagration, tandis que l'épreuve de chaleur accuse plus de 40 minutes.

L'explosif impur surtout quand il est conservé à la lumière ne tarde pas à devenir acide, le flacon qui le renferme se remplit de vapeurs rutilantes, le coton-poudre se transforme en une masse sirupeuse renfermant de l'acide oxalique, de l'acide formique, etc.; souvent la transformation ne se fait que partiellement, la matière ensuite explose.

Actuellement, grâce à la méthode d'Abel et ses perfectionnements qui assurent l'obtention d'un pyroxyle très pur, la stabilité du coton-poudre est assurée dans de bonnes conditions d'emmagasinage.

L'expérience acquise depuis vingt ans prouve que la conservation n'offre pas de dangers, et les explosions d'approvisionnements de coton-poudre pur proviennent d'imprudences dans le maniement. Il résiste mieux que la dynamite à des variations de température dues, par exemple, à l'envoi de cet explosif dans les zones torrides.

La dessiccation du coton-poudre faite à une température trop élevée l'acidifie; un commencement de décomposition se produit, des vapeurs nitreuses se dégagent et restent dans la masse; cette faible acidité est suffisante pour provoquer avec le temps la décomposition lente ou violente du coton-poudre.

Il faut dans tous les cas surveiller le coton-poudre de près et vérifier de temps en temps sa parfaite neutralité.

Il résulte des travaux de A. Luck et de C.-F. Cross *(Moniteur scientifique Quesneville)* qu'il existe des composés en connexion plus intime avec le CP que les acides qui sont une autre cause d'instabilité et qu'on ne peut enlever par les lavages les plus soignés à l'eau froide ou à l'eau chaude, ni par digestion avec une solution alcaline diluée telle qu'une solution de carbonate de soude, ni par extraction à l'éther, à l'alcool, au benzène, etc. Néanmoins, ces composés sont solubles dans les solvants des celluloses fortement nitrées : acétone, éther acétique, pyridine, etc.; même si

ces liquides sont dilués, ou un autre liquide indifférent au point de n'avoir plus ou presque plus d'action sur la nitrocellulose elle-même. Les solutions qui renferment ces matières instables sont neutres, mais elles deviennent acides si on les évapore à chaud. Cela expliquerait peut-être la présence d'acide lorsqu'on purifie le CP en le faisant bouillir longtemps avec de l'eau sans ajouter d'agent neutralisant. Ces substances sont des produits accessoires de l'éthérification de la cellulose; ce sont des produits acides contenant un groupe nitroxyle, mais mal définis du reste. Ils se combinent avec les oxydes de zinc et de plomb en donnant des composés insolubles. Ils sont précipités de leur solution dans l'acétone diluée quand on y ajoute des sels solubles de ces métaux.

On peut stabiliser le CP en éliminant ces composés ou en les combinant dans la masse même du produit avec de l'oxyde de plomb ou de zinc.

La nitrocellulose même très pure se décompose avec formation de substances acides instables quand on la fait bouillir trop longtemps avec de l'eau. Cette action est surtout marquée à haute température.

La destruction de ces germes de décomposition justifie donc l'emploi des kookers et l'ébullition.

Il a encore été prouvé par les expériences de M. Vieille qu'il y a augmentation de l'instabilité du coton-poudre lorsqu'il est soumis à des frottements répétés. C'est ainsi qu'on expliqua une explosion qui eut lieu à la poudrerie de Saint-Médard. Le coton-poudre pulvérulent logé dans les assemblages des charpentes peut être soumis à des frottements dus aux déplacements des boiseries par le vent et il finit par devenir extrêmement sensible aux chocs et aux frottements.

Dans les séchoirs, le coton-poudre pulvérulent peut se loger dans les fissures des cadres de bois, à fond de toile, qui servent à recevoir l'explosif et y subir une décomposition lente qui peut finir par une explosion. Ils doivent donc être souvent nettoyés.

Le coton-poudre sec est considéré comme plus sujet à l'altération que le coton-poudre humide, soit à cause de sa nature même, soit à cause de certaines substitutions nitrées se faisant au détriment de corps étrangers qui souillent la cellulose et qui sont instables.

Le coton-poudre détone par influence; on peut par conséquent confectionner avec cet explosif des charges allongées. Des expériences prouvent que les détonations par influence se transmettent moins loin entre cartouches de coton-poudre, qu'entre cartouches de dynamite. La transmission de la détonation par influence peut atteindre exceptionnellement $0^{m}80$ pour des cartouches de 100 gr. de coton-poudre sec, placées sur des poteaux enfoncés sur le sol.

382. Détonation du coton-poudre. — La détonation du coton-poudre avec son maximum d'effets de rupture s'obtient par la capsule au fulminate de mercure. L'amorçage se fait absolument comme pour la dynamite; la mèche ayant été introduite dans la capsule, celle-ci est poussée dans la cavité cylindrique ménagée dans la cartouche. La détonation peut se faire à l'air libre.

La capsule pour fulmicoton doit être plus forte que celle pour dynamite; il sera prudent, afin d'éviter des ratés, d'employer les capsules à $1^{gr}5$ de fulminate. Le coton-poudre doit renfermer moins de 5 % d'eau. Comme le coton-poudre comprimé, quoique non hygroscopique, a une tendance à absorber de l'eau, ce qui le rend plus insensible à l'action de la capsule, il faut conserver les cartouches à l'abri de l'air soit en les paraffinant extérieurement, soit au moyen d'enveloppes métalliques ou autres bien closes. Les joints des enveloppes métalliques peuvent être lutés avec du papier collé au caoutchouc liquide.

Le coton-poudre en vase clos fait explosion sous l'influence d'un corps en ignition sans l'intermédiaire d'une capsule, mais avec des effets destructeurs réduits.

Il fait explosion sous le choc d'une balle de fusil, mais seulement quand il est sec.

383. Force du coton-poudre. — La formule de décomposition :

$$C^{24}H^{29}(AzO^{2})^{11}O^{20} = 12CO + 12CO^{2} + 8{,}5H^{2} + 5{,}5Az^{2} + 6H^{2}O$$

donne les éléments suivants :

$m = 1143$	$V_k = 869{,}61$ litres (eau gaz)
$Q_{mp} = 1162{,}8$ (k-d)	$t = 2809°$.
$Q_{mv} = 1187{,}9$ id.	$f = 9594{,}42$ kilog.
$Q_{kp} = 1017{,}3$ id.	$\alpha = 0{,}859$
$Q_{kv} = 1039{,}3$ id.	$W = 441723$ kilogrammètres.
$V_m = 982{,}08$ litres.	

La matière est donc un peu moins énergique que la nitroglycérine. Détonant dans son propre volume ($\Delta = 1$), la pression atteint 6800 kg.

Sarrau et Vieille trouvent expérimentalement dans le calorimètre avec un CP ($n = 11$) : 1071 cal. eau liquide. Le volume des gaz avec un CP à 2,4 % de cendres est de 671 litres pour 1 kg. eau liquide.

Macnab et Ristori trouvent avec un CP à 13,3 % d'azote un volume de 876 litres à 0° sous 760 mm. eau gazeuse (203 litres eau vapeur + 673 litres gaz CO^2, CO, CH^4, H, N). D'après Bichel 1 kg. CP donne 887 litres de gaz.

Comparé à la dynamite Kieselguhr, on admet dans tous les polygones que le coton-poudre peut être employé à poids égal dans toutes les circonstances, en remplacement de la dynamite. Toutefois, le coton-poudre ne permet pas de provoquer des détonations par influence à des distances aussi grandes que la dynamite, mais elle permet cependant la constitution des charges allongées.

384. Coton-poudre octonitrique. — Celui-ci est beaucoup employé pour gélatiniser la nitroglycérine (n° **328**). Il se décompose suivant la formule :

$$C^{24}H^{32}Az^8O^{36} = 6CO^2 + 18CO^2 + 6H^2O + 10H^2 + 4Az^2,$$

qui donne :

$m = 1008$	$V_m = 982{,}080$ (eau gazeuse)
$Q_{mp} = 776{,}4$	$V_k = 974{,}285$
$Q_{mv} = 801{,}5$	$t = 2221°$
$Q_{kp} = 770{,}2$	$f = 9249$
$Q_{kv} = 795{,}1$	$\alpha = 0{,}974$.
$W = 337930$ kgm.	

Coton-poudre humide.

385. — Le coton-poudre n'est pas une substance bien hygro pique, mais cependant il absorbe une certaine quantité d'eau de atmosphérique qui peut monter jusque 6 %.

M. Will a recherché s'il existait une relation entre la teneu azote du CP et son hygroscopicité. Dans ce but, il a nitré le cot diverses teneurs d'azote, puis il a séché 4 gr. de CP à 40° a ensuite soumis à une atmosphère saturée d'eau jusqu'à constant.

Nos	Azote	Hygroscopicité	Somme.
1	13,15 %	1,42 %	14,57
2	13,12	1,42	14,54
3	12,68	1,95	14,63
4	12,48	2,14	14,62
5	12,06	2,43	14,49
6	11,80	2,88	14,68
7	11,00	3,55	14,55
8	10,76	3,74	14,50
9	10,50	4,00	14,50
10	9,87	4,74	14,61
11	9,52	5,46	14,98
12	8,50	6,16	14,66

Chose curieuse la somme de l'azote et de l'hygroscopicité constante.

Will a nitré des cotons de diverses provenances : cotons du Te de l'Inde, de la cellulose de bois, du jute, etc.; et il a trouv mêmes résultats. Les différentes manipulations que l'on fait sub CP n'ont pas d'influence. En dissolvant le CP dans de l'acétone précipitant par l'eau, le CP ainsi obtenu donne les mêmes résul Le CP traité au hollander ne fait pas exception.

La relation qui existe entre l'azote et l'hygroscopicité est :

$$H = \frac{334,3 - 23,65N}{31,11 - N.}$$

La somme H + N chez beaucoup de CP se rapproche de 14,6. La cellulose tombe pour H à 10,78. Le coton brut débarrassé de la graine a une hygroscopicité d'environ 10,8. Avec les CP de 13,3 à 9,5 % d'azote, la formule simple est H = 14,6 — N très approximativement.

La teneur en eau du CP comprimé (à hautes teneurs d'azote) varie donc de 1,4 à 2 %. C'est l'humidité qu'il prend à l'air même saturé. Il est désigné alors sous le nom de CP sec. Par la dessiccation, on peut l'obtenir tout à fait sec; il est alors phosphorescent par la friction dans l'obscurité.

Si on le plonge dans l'eau, il peut absorber 40 à 50 % d'eau, au bout d'un temps assez long. Les cartouches n'augmentent pas de volume en absorbant de l'eau; cela tient à ce que l'eau ne gonfle pas la fibre mais se loge dans les vides. Il y a expansion lors du gel d'une cartouche mouillée.

Nous admettons que le CP est sec lorsqu'il ne renferme pas plus d'eau que celle qu'il absorbe normalement dans un air ordinaire, même humide, soit 3 %. Il peut absorber 6 % dans l'air saturé (basse teneur d'azote).

La résistance plus grande au choc ne commence à se faire sentir qu'au delà de 5 %.

Le CP contenant 5 à 10 % s'enflamme encore, mais moins vivement que quand il est sec, il détone encore sous l'influence d'une forte capsule de fulminate de mercure sans presque diminution d'effet; cependant on remarque des ratés. La détonation se fait sûrement par l'explosion du coton-poudre sec (cartouche-amorce de 50 grammes; il faudrait sinon une capsule de 6,5 gr. de fulminate.)

Le coton-poudre contenant 17 % d'eau est inerte à la capsule de fulminate de mercure, mais il détone sûrement par l'explosion de 80 gr. de coton-poudre sec amorcé au fulminate (il faudrait une capsule de 13 gr. de fulminate).

Lorsque les cartouches renferment 35 à 50 % d'eau, ce qui correspond au coton-poudre noyé dans l'eau, il faut employer au moins 700 gr. de l'explosif sec, appliqué au contact immédiat, pour obtenir des effets certains (torpedo de 100 Kg CP noyé).

Le coton-poudre humide est donc plus susceptible de détoner par l'explosion du coton-poudre sec que par le fulminate de mercure seul.

C'est là une propriété extrêmement précieuse que possède le coton-poudre; à l'état humide, il représente une matière inerte à l'action de la chaleur; on peut le travailler avec des instruments de fer froids ou chauds; le percer au fer rouge; la seule partie touchée dégage quelques flammes par suite de la dessiccation rapide. Il résiste aux chocs les plus violents du marteau sur l'enclume, d'une balle de fusil à bout portant.

Ces propriétés inertes, qui n'empêchent pas sa détonation sous l'influence du coton-poudre sec, jointes à celles qu'il possède de ne pas geler, de ne laisser rien exsuder, font que le coton-poudre est entré en grande faveur dans les arts militaires et qu'il tend à remplacer de plus en plus la dynamite.

Le CP humide dégage la même quantité de chaleur et le même volume de gaz que le coton-poudre sec; seulement on comprend que la pression théorique doit être diminuée par suite de l'absorption d'une partie de la chaleur par l'eau. La pression théorique serait, d'après M. Berthelot, réduite du tiers et de la moitié pour la teneur de 10 % et de 20 % d'eau.

On pense aussi que le coton-poudre humide est plus à l'abri des décompositions spontanées que le coton-poudre sec; c'est pourquoi, en principe, on ne conserve de grands approvisionnements qu'à l'état humide dans les magasins, et à l'état sec que les quantités minimes nécessaires à l'amorçage du coton-poudre humide.

Cependant l'expérience acquise a permis une tolérance plus large dans l'emmagasinage de l'explosif sec, qui, conservé dans de bonnes conditions, n'a donné aucun signe d'altération même dans les climats torrides.

Le coton-poudre humide peut être conservé dans les magasins des places, dans des citernes ou des récipients pleins d'eau.

Le coton-poudre humide peut geler. On remarque qu'alors il est plus sensible au choc de la capsule au fulminate de mercure.

Avec le coton-poudre humide les charges doivent être concentrées,

ches doivent être mises en contact, la détonation ne se pas au delà de 1 à 2 centimètres.

mission française des substances explosives estime que milieu d'un incendie et dans les circonstances les plus les le CP à 25 °/₀ au moins d'eau présente des garanties de elles que la probabilité d'un accident devient assez faible.

fluence des liquides et des solides sur la susceptibilité ation des corps explosibles. — Nous avons déjà constaté de de la dynamite l'influence du corps inerte sur la sensi- la nitro-glycérine; cette influence est surtout remarquable ton-poudre.

ts sont différents suivant que le corps explosible est solide . D'après Abel, dans le premier cas, la transmission de la est entravée, dans le second cas, les molécules explosibles nt et l'effet est peu changé. Le coton-poudre imprégné d'un ide perd de sa sensibilité; il y a isolement des molécules ide; la présence de l'eau exige donc une amorce beaucoup gique. Il faudrait plutôt admettre que l'addition d'eau au dre augmente la chaleur spécifique de l'ensemble; par t, la quantité de chaleur nécessaire pour porter le corps à rature de l'explosion doit être plus considérable, ce qui choc initial plus violent; ce choc absorbé par l'explosif s'y e en effet en chaleur.

t de même de la nitroglycérine mêlée de kieselguhr. Nous ue c'est là la vraie explication des changements opérés nsibilité des explosifs.

charge des obus avec du coton-poudre comprimé et mouillé, rte qu'une charge initiale de l'explosif en soit immédiate- loppée, et que l'on remplisse d'eau les petits espaces qui les masses, le CP étant alors submergé, l'explosion se ec certitude et donne des résultats plus grands que ceux qui roduits avec du coton-poudre sec dans les mêmes conditions. ière soudaine et complète avec laquelle la détonation se à travers de petits espaces d'eau dans des expériences c des enveloppes en fer forgé, a amené Abel à essayer

d'appliquer l'eau comme véhicule pour de petites charges détonantes destinées à briser ou à faire éclater des obus de fer forgé, en fragments nombreux et uniformes.

La détonation d'un obus rempli de 7 gr. de coton-poudre comprimé fait éclater le métal en un nombre de fragments près de 8 fois plus grand que celui des fragments obtenus dans un obus pareil par 365,5 gr. de poudre noire ordinaire. L'eau offre une résistance, à l'instant de l'explosion, semblable à celle que présenterait une masse entièrement solide.

388. Coton-poudre paraffiné. — Le coton-poudre humide, pour conserver son eau de mouillage, doit être emmagasiné dans des conditions spéciales; dans les forts on peut le placer dans des citernes, mais en campagne on doit faire usage de récipients hermétiques, ce qui est souvent un sérieux inconvénient.

On a songé à mélanger le coton-poudre avec un corps inerte non volatil et on a fait usage de paraffine; celle-ci peut être incorporée soit à chaud, soit sous les meules, ce qui vaut mieux. Le coton-poudre à 3 % d'humidité est mêlé à la paraffine en raclures et trituré sous des meules de 5000 kg.

Le 24 avril 1881 une explosion de meules eut lieu pendant cette opération à la poudrerie nationale de Pont-de-Buis, en France.

L'insensibilité de l'explosif croît avec la proportion de l'hydrocarbure : 100 parties de coton-poudre peuvent absorber 33 parties de paraffine fondue; le mélange ne détone plus que par l'amorce de coton-poudre sec. La proportion de paraffine est facile à doser pour obtenir un degré d'inertie voulu. Le coton-poudre mêlé de 5 % de paraffine détone encore avec la capsule de $1^{gr}5$. Mêlé à 10 %, il exige une petite cartouche amorce de coton-poudre sec.

Le coton-poudre paraffiné s'enflamme facilement sous le choc de la balle et brûle sans détoner. Il est, sous ce rapport, très inférieur au coton-poudre humide. Naturellement la force du coton-poudre est diminuée. On a constaté que la sensibilité aux détonateurs n'est pas la même pour le coton-poudre paraffiné nouveau que pour le vieux; peut-être cela provient-il d'un changement de structure qui résulte de la cristallisation lente de la paraffine. Bref, le CP mêlé de paraffine ne répond pas aux conditions d'un explosif de guerre.

On se contente ordinairement de paraffiner l'extérieur des cartouches, mais seulement dans le but de les soustraire à l'humidité; on emploie de la paraffine fondant à 50-55°, on peut y ajouter un peu de cire; on chauffe la matière au bain-marie. Les cartouches sont parfaitement séchées; le canal d'amorce est préservé au moyen d'une petite rondelle de papier et on plonge dans le bain de paraffine où l'on abandonne un certain nombre de secondes, on laisse refroidir un peu et on replonge 5 secondes de manière à faire pénétrer la paraffine de 5-7 mm.

On peut faire usage dans le même but d'enveloppes métalliques minces. M. Boca a proposé des enveloppes en celluloïd, embouties en deux pièces, analogues aux étuis à aiguilles. La cartouche de coton-poudre est introduite dans une des pièces, puis on la coiffe au moyen de la seconde; les deux parties sont ensuite soudées par une dissolution de celluloïd dans l'alcool éthéré. Cette enveloppe très mince est transparente et permet d'observer la couleur que prend une bande de papier bleu de tournesol en contact avec le coton-poudre enfermé dans l'étui. On peut ainsi constamment suivre l'état de conservation de l'explosif. Il reste à examiner si le celluloïd n'offre pas de dangers trop grands d'inflammabilité et si sa conservation indéfinie est assurée.

389. Usages du coton-poudre. — Ses usages sont presque exclusivement militaires; sa grande énergie, sa propriété de ne pas geler, celle d'être inerte aux chocs lorsqu'il est humide, celle de détoner sous ce dernier état par une amorce au coton-poudre sec, sa bonne conservation au froid, au chaud, à l'eau, l'ont fait généralement préférer à la dynamite dans les armées. Il coûte plus cher que la dynamite; aussi celle-ci, malgré ses défauts, est-elle seule employée dans l'industrie. Il faut noter que le coton-poudre peut remplacer, à poids égal, la dynamite à 75 % dans toutes les applications militaires.

Emploi du coton-poudre dans les armes à feu. — Le général autrichien de Lenck est le premier qui ait fait des essais en grand pour l'emploi du coton-poudre dans les fusils et les canons. Le coton-poudre, dans les armes à feu, présentait de nombreux avantages, parmi lesquels il faut surtout signaler : l'absence de

fumée, un encrassement nul, un recul faible, des vitesses initiales plus grandes.

Des batteries au coton-poudre furent installées, mais on abandonna bientôt les expériences; le coton-poudre, dans l'état physique où il était employé, donnait une action brisante et irrégulière.

En France, dès 1846, de nombreuses expériences eurent également lieu; elles conclurent à l'action trop vive du coton-poudre.

On chercha par la suite à diminuer la propriété brisante de cet explosif en modifiant son état physique; on l'employa sous forme de cordons, de tresses, puis enfin sous la forme de coton-poudre comprimé d'après la méthode d'Abel. Déjà, en 1868, l'usine de Stowmarket, en Angleterre, fabriquait des milliers de cartouches par jour à base de coton-poudre; mais le résultat ne répondit pas à l'attente. Nous examinerons au chapitre « Poudre sans fumée » les progrès qui ont été faits de nos jours; le problème de l'emploi du coton-poudre dans les armes à feu est résolu.

Chargement des torpilles. — Le coton-poudre est surtout employé dans le chargement des torpilles; c'est, sous ce rapport, un explosif précieux, parce qu'il est extrêmement difficile de conserver les torpilles parfaitement étanches; la dynamite mouillée laisse suinter la nitroglycérine et devient dangereuse. Cependant, d'après des expériences faites en Angleterre, une torpille d'attaque, même placée à une distance notable, peut faire détoner une ligne de torpilles chargées au coton-poudre.

Une charge de 50 kilogrammes de coton-poudre comprimé, faisant explosion sous l'eau au contact d'un bâtiment, quelque résistance que présente ce dernier, paraît devoir le mettre hors de service, même dans le cas de compartiments étanches.

Les mines posées et mises à feu de loin par l'électricité renferment jusque 230 kg. de CP et leur champ d'action est de 18 mètres. En admettant la largeur d'un navire, six mines empêcheraient le passage sur 216 à 200 mètres.

Mines électriques de contact. — Elles renferment 33 kg. de CP. Lorsque le navire touche une de ces mines elle s'incline; un tube
le
ercure se déplace et ferme le courant d'une pile disposée sur la
paraffi.
à m

rive. L'engin est inoffensif si le courant est ouvert à la pile. Si la pile se trouve dans l'engin même, elle saute au contact.

Les torpilles automotrices Whitehead renferment 50 à 120 kg. de CP.

Chargement des obus. — Le coton-poudre sec comprimé explose ordinairement par le choc au départ, ce qui amène la destruction de la bouche à feu. Le coton-poudre humide résiste très bien. Déjà à la dose de 14 % d'eau, la matière devient réfractaire au choc au départ. En Allemagne on a employé le CP à 25 % d'eau sous la forme de cubes de 10 mm. de côté ; on plonge les dés dans de l'éther acétique qui forme une pellicule extérieure qui met obstacle à l'évaporation de l'eau. Les intervalles des dés étaient remplis de paraffine avec un peu de minium qui rend l'explosion plus visible.

Dans un autre système, pour les obus torpilles de gros calibre, le CP humide à au moins 14 % d'eau, est comprimé dans une gaine en zinc soudée aux alliages fusibles. Cette gaîne a exactement la forme intérieure de l'obus avec logement pour le détonateur second au culot. L'obus se dévisse au culot pour l'introduction de la gaîne. N'empêche que ce dispositif laisse un doute sur la teneur en eau du CP si la gaine n'est pas rigoureusement étanche.

Dans le cours de nos expériences avec des obus torpilles de divers systèmes au polygone de Braschaet, un obus de 120 mm., chargé d'une vingtaine de kilogrammes de CP humide en gaine, fit explosion au départ et démolit le mortier et sa plate-forme. L'engin n'était cependant pas amorcé.

On peut, tout en diminuant le taux d'humidité, augmenter la densité du CP par une pression énergique et le rendre ainsi réfractaire au choc du départ.

Dans la plupart des pays on a renoncé à l'emploi du CP pour le chargement des obus. C'est l'acide picrique qui a pris le premier rang (mélinite).

Ruptures. — Le coton-poudre est beaucoup employé comme explosif de rupture. En Russie, depuis 1881, les anciennes cartouches de dynamite sont remplacées par des cartouches de coton-poudre pour la destruction des voies ferrées et des télégraphes.

On fait usage de deux espèces de cartouches : les cartouches humides, qui forment la majeure partie de l'approvisionnement, et les cartouches sèches, qui servent d'amorces. Les cartouches humides sont conservées et expédiées dans des caisses en bois; les sachets en bourre de soie, qui doivent servir à envelopper les cartouches, sont emmagasinés à part. Les cartouches sèches ou les cartouches amorces sont placées dans des caisses de zinc renfermées elles-mêmes dans des caisses en bois; le tout est enveloppé de tôle de fer. C'est ainsi qu'on les envoie aux escadrons ou sotnias; elles sont mises à part des cartouches humides dans des endroits secs et chauds.

Une fois par an au moins, on pèse les cartouches humides et on observe leur aspect extérieur pour voir si elles se sont détériorées ou si leur humidité a éprouvé quelque variation. Si une cartouche humide présente une couleur brun-violet, on examine toutes les cartouches et on emploie de suite les cartouches colorées.

On pèse de même les cartouches sèches; celles qui ont plus de 3 % d'humidité sont mises à part.

On fait détoner les cartouches sèches à l'aide d'une capsule renfermant 2 grammes de fulminate de mercure. Les capsules et cordeau Bickford sont éloignés des endroits où sont emmagasinées les cartouches sèches.

En temps de guerre, les cartouches sont portées dans des bissacs par des chevaux de bât, et les cartouches sèches dans des bissacs à part.

En France, le coton-poudre est aussi en usage comme poudre de rupture. Les cartouches comprennent des cubes de 0m04 de côté, des carreaux parallélépipédiques, etc., renfermés dans des boîtes métalliques fermées par un couvercle à emboîtement qui porte au centre une douille métallique pénétrant dans la charge et destinée à recevoir la capsule. Des précautions spéciales sont prises pour mettre l'explosif à l'abri de l'humidité; tous les joints sont lutés avec des bandes de papier collées au caoutchouc liquide (solution de caoutchouc dans la benzine).

On fait encore usage de cartouches en laiton de 0mm2 d'épaisseur.

En Allemagne, on emploie aussi le coton-poudre humide (à 15 %

d'eau) et le coton-poudre sec comme amorce. L'amorce pour le coton-poudre sec consiste en une capsule renfermant 1 gramme de fulminate de mercure.

On fait usage :

1° De prismes de chargement de $70^{mm} \times 50^{mm} \times 40^{mm}$ en fulmicoton humide pesant 200 grammes.

2° De prismes-amorces de même force en coton-poudre sec pesant 170 grammes.

3° Les cartouches pour forage, cylindriques, longues de 70^{mm} sur 30^{mm} de diamètre en coton-poudre sec. Elles sont paraffinées extérieurement, comme du reste aussi les prismes-amorces, afin de les préserver de l'humidité.

4° Les pétards à enveloppes de fer-blanc mesurant $200^{m} \times 73^{mm} \times 53^{mm}$ renfermant cinq prismes de chargement secs et paraffinés. Le couvercle est soudé avec de l'alliage Wood (7 à 8 parties de bismuth, 2 parties de plomb, 3 parties d'étain, 1 à 2 parties de cadmium) qui fond à 70° c.

Le fulmicoton est transporté dans la voiture des mineurs de campagne, dans 18 caisses en bois goudronné. Deux d'entre elles renferment les prismes-amorces, une les cartouches pour forage, deux les pétards, les treize autres reçoivent le fulmicoton humide. Chaque caisse contient ainsi 110 prismes ou 231 cartouches ou 20 pétards.

Les caisses de fulmicoton sec sont peintes en rouge; elles reçoivent une inscription spéciale et sont toujours placées au centre de la voiture pour être mieux protégées contre le choc des balles.

La compagnie de campagne a donc constamment sous la main 325 kilogrammes de fulmicoton. Le parc de corps renferme en outre une réserve de 363 kilogr.

Emploi. — On sait que le fulmicoton comprimé a sensiblement la même puissance que la dynamite à 75 %. Les charges à employer ne diffèrent pas sensiblement de celles qui sont réglementaires en France.

On se bornera donc à signaler diverses particularités intéressantes relatives à l'emploi de cet explosif.

Transmission de la détonation. — Pour obtenir des explosions simultanées, on peut opérer avec capsules ou sans capsules.

Le premier procédé est applicable aux pétards de 1 kilogramme, à condition qu'ils soient placés à 1 mètre de distance au plus, sur la même plaque de fer, et qu'il ne se trouve entre eux aucun obstacle, tête de boulon, terre, etc.

Sur le bois ou sur la maçonnerie, la transmission n'est pas certaine. De même, lorsque l'intervalle dépasse 1 mètre, il faut intercaler d'autres pétards.

Lorsqu'on veut opérer sur des supports autres que le fer, ou transmettre la détonation entre des prismes, il faut les munir de capsules ouvertes, que l'on tourne vers la charge qui transmet la détonation.

L'intervalle peut atteindre 1 mètre avec des charges de deux prismes; 1m20 avec des charges de trois. Si la distance est supérieure, on la subdivise en fractions de 50 centimètres au plus en intercalant des prismes simples. On attache solidement toutes ces charges et on les préserve de la pluie en les recouvrant avec des planches.

Rupture de rails. — En plaçant trois prismes contre une éclisse et les recouvrant d'un peu de terre, on rompt les deux rails sur la longueur de l'éclisse.

Il est recommandé d'employer de préférence un pétard de 1 kg. qui enlève un fragment de 25 centimètres de long.

Si l'on a affaire à la voie Hilf, dans laquelle le rail est fixé sur la traverse métallique, on emploie une première charge comme ci-dessus pour le rail, puis une seconde pour la traverse.

Fougasses. — Quoique le fulmicoton convienne moins bien que la poudre au chargement des fougasses, on s'en sert cependant avec succès.

Pour les fougasses ordinaires, on enterre une charge de 5 kg. à une profondeur de 1 mètre au maximum.

Dans les fougasses-pierriers le fulmicoton donne une gerbe haute, moins longue, plus large qu'avec la poudre. On ménage un intervalle de 25 à 30 centimètres entre la charge et le plateau.

En terrain peu consistant, on recommande le procédé suivant : creuse une cavité de 2 mètres de largeur et 30 centimètres de ofondeur, au fond de laquelle on place une charge allongée de kilogrammes de fulmicoton et que l'on comble de pierres.

L'explosion projette celles-ci suivant une ellipse dont le petit axe, rigé suivant la longueur de la charge, a 50 mètres au plus, tandis e le grand axe atteint 250 mètres.

Lorsqu'on dispose ces fougasses en avant d'un ouvrage de fortiation, il convient par suite de les en éloigner de 100 mètres iron et de placer la charge perpendiculaire au front de la ition.

Défenses accessoires. — Pour faire brèche dans un réseau de fil fer, on emploie une charge de 2,5 kilogrammes par mètre courant l'une longueur légèrement supérieure à la largeur de l'obstacle. ar les abatis couchés, 3 kilogrammes environ par mètre courant 2 kilogrammes seulement, si l'on peut introduire la charge par sous, presque au contact du sol.

Contre un abatis debout, on prépare des charges de 5 kilogrammes, gues de 2 mètres, que l'on glisse par-dessous, le plus bas possible, long de la contrescarpe.

Artifices de mise à feu. — Les Allemands emploient le saucisson, cordeau Bickford recouvert de gutta et le cordeau porte-feu stantané imperméable (Schnellzündschnur) à très peu près identique au nôtre; les fils longitudinaux sont sous le tressage extérieur. Pour assembler deux cordeaux instantanés bout à bout, on fait le tressage sur quelques centimètres de longueur, puis on roduit les deux bouts à réunir dans un fort tube de caoutchouc 10 millimètres de diamètre et de 8 centimètres de longueur; ès les avoir poussés jusqu'au contact, on entoure chaque extrété du tube d'une ligature solide.

Si l'on craint des tractions, on juxtapose à la ligature un morceau bois sur lequel on ficelle solidement les deux brins de cordeau.

Si l'on a à assembler trois bouts de cordeau, on les introduit dans trois branches d'un tube en caoutchouc bifurqué en forme d'Y on continue comme plus haut

n se sert aussi d'électricité à haute tension avec une amorce à discontinu (type Abel) et capsule au fulminate.

L'appareil électrique est du type Siemens et ressemble assez à celui décrit dans *l'École des mines*.

Le fil de l'inducteur a $0^{mm}3$ et fait 6000 tours, celui de l'induit $0^{mm}15$ et fait 3500 tours.

Tous les deux sont dans le même circuit; on conçoit que l'inter position d'une résistance aussi grande que celle d'une amorce à fil discontinu, aurait pour effet de rendre singulièrement difficile l'amorçage de cette machine dynamo-électrique. En outre, le cou rant, arrivant dans l'amorce avec une intensité progressive, se trou verait dans de mauvaises conditions pour l'enflammer.

On a tourné la difficulté en mettant l'appareil en court circui pendant les 12 ou 14 premiers tours de manivelle, c'est-à-dire, $\frac{2}{3}$ d seconde. Au bout de ce temps, l'opérateur déclanche un commuta teur qui rompt la communication de l'induit avec l'inducteur et l'établit en même temps avec le circuit extérieur, dans lequel le co rant est lancé avec son maximum d'intensité et enflamme l'amorce. Cette disposition présente comme on le voit, une certaine analogie avec celle bien connue de l'interrupteur de l'exploseur Bréguet.

En Belgique. — La cavalerie fait usage de dynamite ordinaire et ses variantes, la poudre de bois, le coton-poudre comprimé, la tonite. L'amorçage se fait à la capsule au fulminate de 2 grammes et à la mèche Bickford, quelquefois par l'intermédiaire de pétards à la dynamite ou au coton-poudre sec. Les pionniers de la cavalerie font usage pour le transport des agents explosifs d'une *cartouchière* à pétards renfermant deux charges allongées de 800 grammes de coton-poudre. Ces cartouchières ne renferment qu'une partie de l'approvisionnement en explosifs, le restant est transporté fourgons. *Un sachet à artifices* renferme les moyens de mise à fe des capsules Nobel, de la mèche Bickford, de la ficelle, un cout et une pince à sertir.

La cavalerie peut avoir à détruire du matériel de chemin de truction de la voie, on fait des coupures de distan Chacune d'elles est exécutée au moyen

dynamite, du coton-poudre ou de la poudre de bois. On place 400 ou 500 grammes (suivant que les charges sont recouvertes ou non de terre) au joint de deux rails vers l'extérieur de la voie. Dans les parties courbes, on détruit la file extérieure des rails. On produit ainsi une brèche de 1m50 environ si la charge a une longueur de 1m20. On détruit les changements de voie, les croisements, au moyen de charges de 500 grammes placées dans les ornières des croisements ou dans les intervalles ménagés entre les aiguilles et les rails. Si on en a le temps, il faut recouvrir les charges de terre, de gazon, etc. On défonce les réservoirs d'eau, les plaques tournantes, on détruit le matériel roulant; on brise les essieux avec des charges de 500 gr.; une bielle motrice de locomotive exige 200 gr., un essieu de roue motrice, 1 kilogr.; on défonce les réservoirs des tenders, le crochet de traction, etc.

Emploi du coton-poudre dans les mines. — Le coton-poudre comprimé a à peu près la même force que la dynamite sous le même poids. L'explosion dégage beaucoup d'oxyde de carbone, qui est un gaz éminemment toxique; on peut, en mélangeant le coton-poudre avec du salpêtre, comme dans la tonite du génie, transformer l'oxyde de carbone en acide carbonique, qui n'est pas si dangereux à respirer. Le coton-poudre est peu employé dans les mines à cause de son prix élevé. On lui préfère sous ce rapport la dynamite et d'autres explosifs.

Coton-poudre pour collodion.

390. — Ce CP est facilement soluble dans le mélange alcool-éther. Sa teneur en azote est comprise entre 11 et 12 %.

Pour l'obtenir, on fait en général usage d'acides dilués. On emploie beaucoup un mélange de parties égales d'acide nitrique (à 75 % monohydrate) et d'acide sulfurique (96 % monohydrate) et on laisse agir 1 à 1 1/2 heure.

Cependant, il existe un grand nombre de recettes.

Eder : 1° H^2SO^4 (D = 1,845) . 1 volume } à 65° pendant 5-10′.
HNO^3 (D = 1,38). . 1 volume }

2°	H^2SO^4 (D = 1,845) .	1 volume	à 80° pendant 15′.
	HNO^3 (D = 1,40). .	1 volume	
3°	H^2SO^4 (D = 1,845) .	100 cc.	à 65-70° pendant 5-10′.
	HNO^3 (D = 1,38-1,39)	80 cc.	

Roscoë :

H^2SO^4 (monohydrate)	25
HNO^3 id.	61
Eau	14
Coton séché à 100° c.	2

Contact : 2 heures à 20-25°.

Donne du CP à 12,73 °/₀ d'azote (pentanitrocellulose).

Autres recettes.

1re préparation. — On mélange :

Acide sulfurique à 66° B	800
Nitrate de potassium sec	700
Eau	750

on chauffe à 60° et on immerge 200 p. d'ouate pendant 15 minutes.

2e préparation. — On fait usage d'acide sulfurique à 66° B. et d'acide nitrique à 40°,5 B (D = 1,40) (SO^4H^2, 5 p. + AzO^3H 2 p.). Le coton est séché pendant 6 heures à 90° c.; on le plonge (5 kg. pour 170 kg. d'acide sulfonitrique) dans le mélange acide en l'étalant le plus possible; on l'abandonne dans des pots 15 à 18 heures. Même au bout de 2 heures, la nitration est finie.

On égoutte sur une grille et on turbine. On lave en empêchant toute élévation de température.

On sèche en dessous de 40° c. En fabrication courante, on fait des mélanges comprenant deux tiers de vieux acides et un tiers d'acides neufs. Dissolution dans des vol. égaux d'éther à 62° et d'alcool à 92-95°.

Lunge a trouvé qu'en employant un mélange acide

H^2SO^4(D = 1.84)	38,95
HNO^3(D = 1.50)	42.15
Eau	18.90

on obtenait

Températures	Durée de nitration	Azote °/₀	Solubilité alcool-éther	Rendement
17°	4 heures	11.50	95.60	155.1
17°	24 »	11.59	99.81	156.2
40°	4 »	11.49	99.58	148.1
60°	1/4 »	11.46	99.71	146.7
60°	4 »	10.81	99.82	152.0

A 17° la nitration est pratiquement achevée en 4 heures ; le rendement est plutôt plus élevé qu'à 40° mais la solubilité n'est pas aussi bonne ; le produit se dissout à la fois plus lentement et moins complètement.

A 40° la solubilité est excellente, le rendement est moins bon et la teneur en azote normale.

A 60° on obtient sensiblement les mêmes résultats au bout d'un quart d'heure ; au delà de cette limite la teneur en azote s'abaisse. A cette température la structure du coton est en grande partie détruite.

A 60° on obtient à peu près la même teneur d'azote et la même solubilité qu'à 40° en 4 heures, mais l'altération semble avoir d'autres conséquences, car Lunge a appris de source très autorisée que le coton-collodion obtenu à température aussi élevée ne donne pas une soie végétale susceptible d'être filée. Il est probable que la transformation de la structure morphologique est accompagnée d'une transformation de la molécule de cellulose.

La conclusion de Lunge est qu'une température de 40° est la plus favorable pour la préparation du coton-collodion, car on obtient ainsi un maximum de solubilité dans un temps raisonnable (4 heures) sans changement de structure de la fibre et sans danger de rendre l'action des acides par trop profonde.

Dissolvants. — Ce CP est soluble dans la plupart des dissolvants ; on fait usage surtout du mélange alcool-éther

Alcool à 95° . . . . . 5 parties
Éther à 65° . . . . . 9 »

Monsieur le comte de Chardonnet a découvert qu'en turbinant le CP pour collodion à une teneur de 25-30 % d'eau, la dissolution dans l'alcool éthéré se faisait plus facilement et donnait des collodions plus limpides qu'en employant le CP sec.

Le collodion avait autrefois des applications importantes en photographie; il servait à former sur une lame de verre une pellicule mince imprégnée des sels sensibles. Maintenant, il est abandonné et remplacé par la gélatine.

On l'emploie encore aujourd'hui dans l'art de guérir pour recouvrir les brûlures, les plaies et les mettre ainsi à l'abri du contact de l'air. Pour cet emploi spécial, on ajoute quelques gouttes d'huile de ricin, qui évite la contraction du collodion et lui donne de la flexibilité.

Actuellement, ce coton-poudre spécial (octonitrique) sert beaucoup dans la fabrication des gommes explosives, des poudres sans fumée, de la soie artificielle, du collodion, etc.

Alcoolène de Sutton. — On mélange 115 p. d'acide sulfurique à 1,84 de densité avec 93 p. d'acide nitrique à D = 1,40. On chauffe à 80°C. On enfonce dans ce mélange autant que possible de coton. On abandonne 5 minutes et on lave. Ce coton-poudre est soluble dans l'alcool.

§ 3. — FULMICOTON NITRATÉ ET CHLORATÉ.

Le fulmicoton n'étant pas à combustion complète, on peut lui ajouter des nitrates, des chlorates, des bichromates, des permanganates, etc., qui donneront des produits oxydés au plus haut degré.

La suppression du gaz toxique, l'oxyde de carbone, rend l'usage du coton-poudre nitraté d'un emploi plus salubre dans les mines.

391. Fulmicoton au nitrate d'ammonium (Sarrau et Vieille). — La composition donnée par ces savants est :

Fulmicoton	400
Nitrate d'ammonium	600

La formule suivante donne la réaction produite à combustion totale :

$$2C^{24}H^{29}O^{20}(AzO^2)^{11} + 41\,AzO^3.AzH^4 = 48CO^2 + 111\,H^2O + 52\,Az^2.$$

Le calcul des proportions au moyen des poids atomiques donne, d'après cette formule :

Coton-poudre.	411
Nitrate d'ammonium	589
	1000

Les deux matières sont triturées ensemble après addition de 24 parties d'eau, puis on sèche à 60° c. Cette poudre est trop hygroscopique à cause de la présence du nitrate d'ammonium.

Dans une enveloppe paraffinée, la conservation peut être très longue, mais la moindre détérioration provoque l'absorption d'eau et la cartouche devient insensible à l'amorce.

Force du mélange.

La force de ce mélange est un peu plus grande que celle du coton-poudre pur. Des expériences faites sur cet explosif ont prouvé qu'il présente une puissance au moins égale à celle du coton-poudre pur à poids égal et notablement supérieure à volume égal, à cause de sa forte densité ($\frac{1}{5}$). Le prix de revient est très inférieur à celui du coton-poudre pur. Comme il ne fournit pas d'oxyde de carbone, c'est un explosif bon pour les mines.

m	=	5566	V_m	=	4709,52
Q_{mp}	=	6120,3	V_k	=	846,1
Q_{mv}	=	6241,07	t	=	2427°
Q_{kp}	=	1099,58	f	=	8692
Q_{kv}	=	1121,28	W	=	476544 kgm.

392. Fulmicoton au nitrate de potassium (Sarrau et Vieille) (Potentite).

Composition :

Coton-poudre . . .	50	Nitrate de potassium.	50

La réaction est donnée par la formule :

$10\,C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11}O^{20} + 82\,AzO^3K = 199\,CO^2 + 41\,CO^3K^2 + 145\,H^2$
$96{,}5\,Az^2$ (1).

Comme il se forme dans le refroidissement du bicarbonate potassium, on a :

$10\,C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11}O^{20} + 82\,AzO^3K = 158\,CO^2 + 41\,(CO^3K^2, CO^3H^2)$
$104\,H^2O + 96{,}5\,Az^2$.

Le calcul au moyen de la formule (1) donne les proportions :

Coton-poudre . . .		58	Nitrate de potassium.		42
m	=	19720,2 gr.	W	=	447486 kgm.
Q_{mp}	=	20511,4 cal.	V_m	=	9831,96 l.
Q_{mv}	=	20763,5 cal.	V_k	=	498,57 l.
Q_{kp}	=	1040,1 cal.	t	=	3113°
Q_{kv}	=	1052,90 cal.	f	=	5901 kg.

Ce mélange est moins énergique que le coton-poudre pur et coton-poudre mêlé de nitrate d'ammonium.

393. Tonite. — On mélange souvent le coton-poudre avec nitrate de baryum; celui-ci est avantageux, attendu qu'il est f peu soluble dans l'eau à froid, ce sel ne disparaissant pas rapi ment comme le nitrate de potassium dans les milieux humides dans l'eau.

La formule de réaction est :

$10\,C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11}O^{20} + 41\,(AzO^3)^2Ba = 240\,CO^2 + 145\,H^3O + 96\,Az^2$
$41\,BaO$; c'est la *tonite*.

Coton-poudre . .	51,6	Nitrate de baryum.	48,4

Tonite anglaise (coton powder company limited, Faversham).

Tonite n° 1	Fulmi coton pulpé	51,6
	Nitrate de baryum	48,6

Tonite n° 2. — CP + KNO^3 et $NaNO^3$ + charbon de bois + soufr
Tonite n° 3. — CP (19) + binitrobenzine (13) + nitrate Ba (68).

Le régiment du génie fait actuellement usage de la tonite suivante :

Coton-poudre endécanitrique	53,0
Azotate de baryum.	37,6
Azotate de potassium	9,4

$$2\,C^{24}H^{29}Az^{11}O^{42} + 7(AzO^3)^2Ba + 4{,}5\,AzO^3K =$$
$$45{,}75\,CO^2 + 29\,H^2O + 20{,}25\,Az^2 + 2{,}625\,O^2 + 7\,BaO + 2{,}25\,CO^3K^2.$$

C'est la tonite de Faversham rendue plus sensible pour la détonation à l'air libre par l'addition de nitrate de potassium. On triture sous les meules et on comprime la matière humide. La cartouche nue est plongée dans la paraffine fondue et recouverte d'un papier brun paraffiné. Un logement pour la capsule est ménagé dans la masse.

Les cartouches sont cylindriques ou prismatiques; les premières pèsent 50 grammes, les autres 100 grammes. C'est un explosif d'une grande sécurité de maniement, sa force équivaut à celle de la dynamite.

Le détonateur n° 1 (0,250 de fulminate pur : détonateurs Gevelot) donne tantôt des ratés avec bris de cartouches, tantôt des détonations. Le détonateur n° 2 (0,50 de fulminate) ne donne plus de ratés. Avec les cartouches humides, la capsule de 2 gr. donne des ratés accompagnés quelquefois d'inflammation. Au taux de 7 °/₀ d'eau, le détonateur à 2 gr. est suffisant.

394. Conditions de réception de la tonite belge. — La composition sera celle donnée précédemment :

53 °/₀ de nitrocellulose à son maximum de nitration.

37,6 °/₀ de nitrate de baryum pur.

9,4 °/₀ de nitrate de potassium pur.

La tonite ne pourra contenir aucune substance autre sauf une certaine quantité d'eau qui ne dépassera pas 2 °/₀. Les composants seront intimement mélangés. La matière ne pourra présenter ni grains de nitrocellulose, ni cristaux visibles à l'œil nu. Elle sera d'une texture fine et uniforme et d'un aspect blanc légèrement jaunâtre.

Les cartouches auront un poids net de 100 grammes avec une tolérance en plus ou en moins de 2,5 °/₀.

Leur longueur sera de 95 ± 2,5 millimètres.

Les cartouches prismatiques auront 42mm5 de largeur et 19 mm. d'épaisseur avec une tolérance de ± 0,5 mm. de diamètre.

Les cartouches cylindriques auront 34 ± 0,5 mm.

Chaque cartouche présentera sur l'un des bouts dans son axe, un logement d'amorce. Celui-ci aura la forme d'un cylindre de 10 mm. de diamètre et de 22 mm. de longueur prolongé suivant son axe par un cylindre de 7 mm. de diamètre jusqu'à une profondeur totale de 44 mm.

Les cartouches seront compactes et n'auront aucune tendance à se fendre.

La densité de chaque cartouche ou de toute partie d'une cartouche sera comprise entre 1,30 et 1,40.

Chaque cartouche sera recouverte d'un bon enduit de paraffine. Il s'étendra également sur les surfaces intérieures du logement d'amorce, sans qu'il reste dans celui-ci un dépôt de paraffine.

L'enveloppe en papier de chaque cartouche sera repliée sur les abouts, bien adhérente à la cartouche et également paraffinée.

Les paquets sont de dix cartouches : la caisse de 25 paquets.

La nitrocellulose extraite de la tonite par un lavage complet suivi d'un séchage parfait à une température inférieure à 50° doit satisfaire aux conditions suivantes :

1° Le volume de NO dégagé par gramme, mesuré par la méthode de Schloesing et réduit à 0° et 760 mm. ne peut être inférieur à 200 cc.

2° La solubilité dans un mélange en poids :

Alcool (0,805)	1 p.
Éther (0,735)	2 p.

ne sera pas supérieure à 13 %.

La nitrocellulose extraite de la tonite soumise à l'épreuve Guttmann devra fournir une durée au moins égale à 15 minutes.

Tirée dans un mortier pour l'essai des explosifs brisants la charge de 10 grammes de tonite amorcée par un gramme de fulminate de mercure devra donner une portée moyenne au moins égale aux $\frac{8}{10}$ de

la portée moyenne obtenue dans des conditions identiques au moyen du CP de guerre présentant les mêmes conditions d'humidité.

Dix cartouches prises au hasard étant amorcées au moyen de la capsule de 1 gr. de fulminate de mercure pur et sec et mises à feu séparément devront toutes détoner.

Dans le cas où le nombre de détonations serait de 9 on procède à une contre-épreuve de 10 cartouches qui doivent toutes détoner (Voir aussi Poudre de bois de Wetteren n° 396).

Analyse de la tonite. — On sèche un échantillon en dessous de 50° c., puis on lave à l'eau distillée sur filtre double; on évapore le résidu composé des nitrates Ba et K, on sèche et on pèse. Ces sels sont repris par de l'eau distillée, on filtre si c'est nécessaire, on précipite le nitrate de baryum par l'acide sulfurique sous forme de sulfate de baryum qu'on pèse et d'où l'on déduit le nitrate; on obtient le nitrate de potassium par différence.

Le CP resté sur le filtre est pesé; on dose la teneur en azote et on dose le CP soluble par l'éther-alcool.

La tonite n° 3 renferme de la dinitrobenzine qu'on enlève d'abord par un lavage à l'éther et on continue comme plus haut.

395. Fulmicoton chloraté. — La formule qui règle le mélange est la suivante :

$$6\,C^{24}H^{29}(AzO^2)^{11}O^{20} + 41\,KClO^3 = 144\,CO^2 + 87\,H^2O + 33\,Az^2 + 41\,KCl.$$

m	=	11800,5 gr.	W	=	552079 kgm.
Q_{mp}	=	15281,8 cal.	V_m	=	5892,48 l.
Q_{mv}	=	15432,9 cal.	V_k	=	495,9 l.
Q_{kp}	=	1286,28 cal.	t	=	3463°.
Q_{kv}	=	1299 cal.	f	=	7008 kg.

La composition est d'après la formule :

Coton-poudre . . .	577	Chlorate de potassium.	423

Cette poudre est extrêmement sensible aux chocs et à la friction; elle est dangereuse à manier; on a généralement renoncé à son usage; on l'a proposée comme amorce.

§ 4. — POUDRES DIVERSES A BASE DE CELLULOSE NITRÉE.

396. — Au lieu de nitrer du coton pur, on peut nitrer toutes les substances formées en majeure partie de cellulose; on obtient ainsi des explosifs, peut-être moins énergiques, mais plus économiques.

Poudre blanche de Schültze. — Du bois blanc non résineux est débité en feuilles minces, qu'on découpe en petits morceaux réguliers à l'emporte-pièce. Les grains sont bouillis dans une lessive faible de carbonate de sodium, on lave ensuite parfaitement bien et on blanchit au chlorure de chaux, on lave à l'eau bouillante et on sèche. Les grains sont plongés dans le mélange sulfo-nitrique suivant :

Acide sulfurique (D = 1,84)	71,5.
Acide azotique (D = 1,50)	28,5.

On refroidit les liquides et on laisse agir trois heures, on essore les acides, on lave à l'eau courante pendant quelques jours et on achève la neutralisation au bain alcalin de carbonate de soude; on lave et on sèche.

Quelquefois, on nitre ce fulmi-bois en l'imprégnant de salpêtre et de nitrate de baryum en solution aqueuse; on peut employer : 100 parties de fulmi-bois + 26 parties de nitrate de potassium; ou bien, 100 parties de fulmi-bois + 22,5 de nitre potassique + 7,5 parties de nitrate de baryum + 220 parties d'eau.

La matière bien imprégnée est séchée à 30-40° c.

Propriétés. — Cette poudre se présente sous forme de grains blancs ou gris suivant qu'ils ont été blanchis ou non. Elle se conserve bien et donne une fumée très légère qui se dissipe rapidement. Les chasseurs font actuellement beaucoup usage de cette poudre, qui n'occasionne presque pas de recul, n'encrasse pas les armes et ne donne pas de fumée. A cause de son allure brisante, elle est dangereuse dans les fusils de chasse qui ne sont pas fabriqués spécialement pour son usage. Elle a provoqué de nombreux éclatements de canons. Elle écarte aussi moins les charges de petits plombs que la poudre noire; comme elle se combure en un temps très court,

le maximum de vitesse est donné aux grains avec leur sortie de l'arme, tandis que la poudre noire, d'une combustion plus lente fait explosion jusqu'au dehors du fusil; les gaz allant alors plus vite que les grains provoquent à leur arrivée dans l'air des tourbillons qui troublent la direction des petits projectiles; cela peut être quelquefois avantageux aux mauvais tireurs.

Poudres de chasse sans fumée dites pyroxylées. — (Fabriquées en France, à la poudrerie du Pont-de-Buis.)

Dosage :

Coton-poudre soluble	28
Coton-poudre insoluble	37
Nitrate de baryte.	29
Nitrate de potasse	6

On mélange grossièrement à la main, puis on triture pendant 45 minutes aux meules légères avec addition de 4 °/₀ d'eau. On tamise à la perce de $2^{mm}5$, on sèche jusqu'à ce que le taux d'humidité soit inférieur à 1 °/₀, on incorpore ensuite 65 °/₀ d'éther et la pâte obtenue est grenée sur un tamis de laiton de $1^{mm}8$ de perce. Le mélange de grains et de poussier provenant de cette opération est lissé pendant 45 minutes à la tonne de bois, puis on humecte à 50 °/₀ d'eau et on sèche, on égalise à la perce de $1^{mm}6$ et on époussette à la perce de 1^{mm}.

Enfin, on lisse avec addition de 15 °/₀ d'éther dans une tonne de cuivre où l'éther arrive sous forme de pluie fine.

Propriétés : poudre jaune, grain régulier, solide.

On fabrique aussi des poudres pyroxylées formées d'un mélange de coton-poudre et de bichromate d'ammonium.

Poudre Bandisch. — En comprimant la poudre de Schültze à la presse hydraulique, on la convertit en un corps solide qui, sous un petit volume, possède une force considérable.

Bois pyroxylé. — On fait usage de pâte de bois. Le bois est déchiqueté, trempé dans l'acide sulfo-nitrique, lavé, additionné de salpêtre et grené à la tonne. On incorpore le salpêtre à chaud par voie humide. On peut aussi mêler sous les meules.

Poudre de bois de Wetteren. — **Tonite.** — C'est un fulmi-bois

nitraté, mêlé de nitrate de baryte et de nitrate de potasse. Le mélange est fait sous les meules, comprimé à la presse hydraulique et séché. La cartouche séchée est plongée dans la paraffine fondue, puis recouverte d'une enveloppe de papier paraffiné. Elle était en usage au régiment du génie comme poudre de rupture.

Formule de décomposition :

$$2C^{24}H^{32}Az^{8}O^{36} + 4Az^{2}O^{6}Ba + Az^{2}O^{6}K^{2} =$$
$$4BaO + K^{2}O + 17CO^{2} + 3CO + 32H^{2}O + 13Az^{3}.$$

Cette poudre de bois est plus dense que la dynamite et contient à l'état normal de 2 à 2,5 % d'eau; elle est moins sensible au choc que la dynamite; sa sensibilité augmente avec la dessiccation. Elle présente le même aspect que le coton-poudre, et constitue un corps qui ne se déforme et ne se dégrène pas. On peut diviser les cartouches en faisant à la surface une petite entaille au moyen de la pointe d'un couteau et en exerçant une pression latérale à la main. Recouverte de son enveloppe, une cartouche peut rester sept heures dans l'eau sans s'altérer. Le choc d'une balle ne la fait éclater que lorsqu'elle est appuyée contre une plaque de fonte et si la distance n'excède pas 50 mètres.

A égalité de poids, la poudre de bois produit le même effet que la dynamite. Le prix de revient est inférieur, la fabrication est plus simple et moins dangereuse : ce n'est pas une matière toxique pour les ouvriers, le transport n'offre pas de dangers. Elle n'est pas d'une conservation très assurée, aussi la remplace-t-on maintenant par la tonite à base de coton-poudre pur.

Voici un tableau résumant les résultats obtenus en employant des charges égales de différentes substances explosives pour la rupture des fers à double T.

Substances explosives.	Nombre d'expériences.	Ruptures complètes.	Ruptures suffisantes.	Ruptures insuffisantes.	Ratés.
Poudre de bois. .	10	8	2	"	"
Dynamite. . . .	8	4	1	3	"
Coton-poudre . .	5	1	"	3	1
Paléine à 40 %. .	6	3	2	1	"

Paléine ou fulmi-paille de Lanfrey. — On fait usage de paille d'avoine qu'on fait bouillir avec de la lessive de carbonate de soude à 2 %; les fibres sont triturées dans une pile à papier et la pâte est coulée en feuilles épaisses dans des formes à papier; on découpe ensuite cette espèce de carton en rognures ou en rondelles qui sont plongées dans l'acide sulfo-nitrique, on exprime et on lave. Enfin, le fulmi-paille est imprégné d'une solution de salpêtre épaissie à la dextrine et additionnée de charbon de bois dur. Cette paléine, très poreuse, peut absorber 75 % de nitroglycérine; elle constitue alors la dynamite-paille.

Papier fulminant. — On plonge du papier végétal non collé dans l'acide sulfo-nitrique, on lave à l'eau pure, puis à l'eau alcaline; le papier fulminant chloraté peut servir d'amorce.

Fulmi-son. — C'est du son nitré par l'acide sulfo-nitrique. Ce fulmi-son est ordinairement imprégné de 30 à 40 % de nitroglycérine. Cette dynamite-son est très sensible au froid, qui la gèle facilement.

Poudre blanche Lannoy. —

Azotate de sodium	65
Soufre	13
Bois, sciure, son nitrifiés	22

Elle sert comme poudre de mine.

Potentite. — Mélange de coton-poudre et de nitrate potassique.

Coton-poudre	58
AzO^3K	42

Nitro-tourbe. — Tourbe traitée par l'acide sulfo-nitrique.

Poudre Pastry et Fallenstein ou kinénite. — C'est une masse gélatineuse obtenue au moyen d'une dissolution de coton-poudre dans la nitro-benzine; on ajoute des chlorates et des nitrates et on malaxe pour donner l'homogénéité; puis on additionne de 3 % de sulfure d'antimoine, on mélange et on met la pâte en cartouches.

Kinénite. —

Nitrobenzine	16 à 20 %
Coton-poudre soluble	0,75 à 82,5. Pâte plastique.
Chlorates et nitrates alcalins.	75 à 82,5
Penta sulfure d'antimoine.	1 à 3

Celluloïd.

397. — En 1869, l'Américain Hyatt, de Newark (New Jersey), imagina de mélanger au coton-poudre du camphre et de soumettre le tout à un malaxage parfait et à une compression énergique.

Préparation. — Du papier pur est reçu en rouleaux de $0^m,34$ de largeur et du poids de 15 à 25 kg. Il se déroule et est immergé dans de l'acide sulfo-nitrique dans les proportions ordinaires. Le contact dure 15 minutes; on essore, on lave à grande eau.

Actuellement, on fait usage de coton ou de pâte de bois. On nitre avec un mélange de 2 parties d'acide nitrique à 40° B pour 5 parties d'acide sulfurique à 66° B, 1 partie de coton pour 100 de mélange acide. On obtient ainsi du coton-poudre soluble.

Le fumicoton est essoré, lavé à grande eau, trituré dans une pile, puis blanchi avec une solution de permanganate de potassium; on traite par une solution d'anhydride sulfureux pour enlever le bioxyde de manganèse formé, ou bien par un bain d'acide sulfurique à 1 °/₀; on lave, on égoutte, on essore, puis on comprime à la presse hydraulique. Le coton-poudre renferme alors 25 à 30 °/₀ d'eau.

Les galettes de pyroxyle sont cassées en menus morceaux, ceux-ci sont jetés dans un dissolvant composé de 50 parties d'alcool à 96° et 30 parties de camphre.

Pour 80 parties de dissolvant, on emploie 100 parties de coton pyroxylé; on mélange, puis on abandonne dans des vases bien clos pendant un jour. La pâte gélatineuse est laminée entre des cylindres chauffés à 60° c. L'opération est répétée jusqu'à homogénéité parfaite. On obtient ainsi des feuilles qu'on découpe à grandeur convenable, on les empile et on les comprime sous une presse hydraulique chauffée à 60-65° c. Les feuilles se soudent; on refroidit et on retire de la presse des blocs de celluloïd qu'on débite suivant les besoins.

Propriétés. — C'est une substance translucide, un peu blonde, très dure, très élastique à la température ordinaire; elle devient pâteuse et malléable à 90°, elle se soude alors à elle-même et se laisse parfaitement laminer et estamper. Le celluloïd n'est pas sensiblement attaqué par les acides minéraux froids, mais il l'est facile-

ment par l'acide sulfurique et l'acide nitrique chauds. Il est très soluble dans l'alcool éthéré, la solution est épaisse et peut facilement servir à recoller le celluloïd à lui-même. L'éther seul dissout le camphre et non le pyroxyle.

Le celluloïd brûle facilement en donnant une flamme fumeuse. Si on le chauffe lentement, il se décompose à 140° en dégageant des vapeurs rutilantes; chauffé, il peut détoner par le choc; il faut par conséquent l'abriter contre toute élévation notable de température, afin d'éviter des accidents graves. Lorsqu'on le chauffe en vase clos, il explose; à l'air, il ne détone pas avec l'amorce au fulminate de mercure.

Usages. — Ils sont devenus nombreux depuis quelques années. On peut lui conserver sa couleur originelle ou lui incorporer des matières colorantes quelconques. On en fabrique des peignes imitant l'écaille, des ronds de serviette, des billes de billard imitant parfaitement l'ivoire, des manches de parapluie, des pommeaux de cannes, des encriers, des bijoux de fantaisie, des bracelets, des crucifix, des objets sculptés; on imite à merveille l'ambre jaune laiteux, le corail, l'ébène, l'écaille. On fabrique même de la vaisselle plate, des cuvettes pour la photographie. On imite le cuir pour les objets de sellerie.

Lorsqu'on ajoute un peu d'huile grasse au celluloïd, il devient très souple et peut servir à la fabrication des imitations des objets de lingerie, tels que cols, manchettes, devants de chemises. Le celluloïd dans lequel on incorpore une poudre blanche est comprimé entre des toiles; le grain de la toile est ainsi imprimé sur le celluloïd. Aujourd'hui l'emploi de cette lingerie spéciale est entré dans la pratique des voyageurs; elle est d'un nettoyage extrêmement facile au moyen d'une éponge, d'une brosse et de savon.

398. Soie artificielle à base de nitrocellulose.

Procédé de Chardonnet (1884). — On nitre le coton blanchi et sec dans un mélange de 9 litres d'acide nitrique D = 1,3 et 15 litres d'acide sulfurique D = 1,835, le tout à une température de 28 à 30°. La réaction dure 12 à 14 heures. On extrait les acides sous un pressoir où on égoutte la plus grande partie de l'acide que l'on utilise dans les opérations suivantes. On forme le nouveau bain de

85 % en volume de ce bain et 15 % de bain frais; ce dernier est formé de 3 volumes d'acide nitrique (D = 1,48) et de 4 volumes d'acide sulfurique monohydraté.

Le pyroxyle est pressé, égoutté et lavé à grande eau pendant 8 à 12 heures dans des piles à laver les pâtes à papier. Pendant le lavage on le blanchit avec du chlorure de chaux auquel on ajoute un excès d'acide nitrique ou d'acide chlorhydrique.

Lorsque le lavage est terminé et la pyroxyline exempte d'acides, on l'essore pour qu'elle ne contienne que 25 à 30 % d'eau. La pyroxyline lavée et non séchée constitue d'après l'inventeur un hydrate particulier beaucoup plus soluble que le pyroxyle séché.

On soumet cette pyroxyline hydratée dans de grands malaxeurs ou tonneaux tournants à l'action du mélange alcool-éther. Pour 28 à 30 kg. de pyroxyline on emploie 40 litres d'alcool et 60 litres d'éther. La dissolution est rapide et le collodion limpide; on le filtre dans deux ou trois filtres sous pression soit par la pression de l'air, soit par un piston hydraulique à travers des couches de coton cardé. Le collodion est prêt à être employé pour la filature. Il est introduit dans un récipient où une pompe à air peut faire monter la pression à plusieurs atmosphères; le collodion est refoulé dans l'atelier de filature au travers de tuyaux en fer; il débouche dans un tuyau horizontal placé à la partie inférieure du métier, ce tuyau porte autant de filières que l'on se propose de produire de fils simples à la main.

Chacune est formée d'un tube capillaire en verre de $0^{mm}1$ à $0^{mm}16$ environ de diamètre. Ces filières de quelques centimètres ou seulement quelques millimètres de long sont effilées et polies en forme de tuyères aussi bien la pointe qui plonge que la pointe extérieure (dans les usines ces filières sont appelées les « vers à soie. »)

Il suffit d'étirer la gouttelette de collodion qui se forme au bout du tube pour obtenir un fil qui se coagule et durcit instantanément à l'air. Les fils simples sont réunis aux fils des filières voisines en certain nombre, on tord au métier et on tourne sur des bobines.

Après avoir été moulinés et flottés les fils de pyroxyle en éche-

veaux sont soumis à la dénitratation. Dans un hectolitre d'eau on introduit 8 kg. de monosulfure de calcium et 4 kg. de sulfate d'ammonium du commerce. On agite et on laisse réagir une heure ou deux. Puis on sépare le précipité solide (SO^4Ca) par filtration ou essorage et on se sert du bain clair pour dénitrater les écheveaux. A cet effet, on porte le bain à 28 ou 30° dans des cuves en bois au moyen de serpentins à vapeur, on y plonge et lisse les écheveaux pendant une heure à raison de 2 kg. de soie par hectolitre du bain.

On peut employer comme bain dénitrant un composé de 24 parties de protochlorure de fer, 32 p. d'alcool et 200 p. d'eau. On chauffe à 80-90° jusqu'à ce que la pyroxyline ait pris une teinte de cuivre rouge, on lave, on sèche, on la teint en noir ou autre couleur.

La soie artificielle ainsi obtenue est très brillante, assez résistante et assez élastique. Elle est employée seule ou mélangée avec la soie animale. Elle est souvent préférée à celle-ci pour donner plus de corps, de maintien, de relief aux étoffes. La plupart des passementeries actuelles sont faites avec la soie artificielle; les étoffes pour tentures, ameublement sont séduisantes par leurs propriétés chatoyantes.

Il existe en Belgique, à Tubize, une usine très importante de soie artificielle par le procédé de Chardonnet.

Dans d'autres procédés, on fait usage de dissolutions de cellulose dans divers véhicules. Le procédé Despeissis (1890) consiste à dissoudre la cellulose pure dans la liqueur cupro-ammoniacale (réactif de Schweitzer). Le fil passe ensuite dans un bain acide qui le débarrasse du cuivre. Dans le procédé Wynne et Powell (1885) on dissout la cellulose dans le chlorure de zinc.

399. Viscose. -- Procédé Cross, Bevan et Beadle (1892).

Lorsqu'on traite par une solution des alcalis caustiques la cellulose sous une quelconque de ses formes fibreuses, on obtient l'effet de la « mercerisation » (du nom de l'inventeur Mercer); les fibres se gonflent et deviennent transparentes, résultat de leur combinaison à la fois à l'alcali et à l'eau (cellulose hydratée). Si cette combinaison est soumise à l'action du bisulfure de carbone, les fibres se gonflent encore davantage, presque au point où elles se gélatinisent complè-

tement et dans cet état le produit est extrêmement soluble dans l'eau. La solution ainsi obtenue est jaune et extrêmement visqueuse (d'où le nom de viscose).

On emploie une solution de soude caustique à 15 °/₀. On enlève l'excès de la solution sous pression de manière à en retenir 3-4 fois son poids et on soumet à l'action de CS^2 dans un vase clos (30-40 °/₀ en poids de la cellulose de CS^2). En 3 heures environ, à la température ordinaire la réaction est finie.

Ce dérivé se retransforme en cellulose quand on l'abandonne à lui-même pendant un certain temps ou bien en le chauffant à 80-100° et encore par l'emploi de corps oxydants.

Pegamoïd. — Composé à base de nitrocellulose, de camphre et d'alcool comme le celluloïd; on y introduit de l'huile soluble dans l'alcool qui a pour effet d'augmenter l'imperméabilité du produit, lui donner plus de souplesse et diminuer l'inflammabilité. On incorpore à la masse des matières colorantes au malaxeur. La pâte est distribuée sur un tissu et on passe le tout au laminoir.

§ 5. — ÉPREUVES ET ANALYSES DU COTON-POUDRE.

400. — Le département de la marine française fait subir au coton-poudre les épreuves de réception suivantes (Voir *Mémorial des poudres et salpêtres*, tome VI, page 19).

1° Examen physique et vérification des formes extérieures;
2° Mesure de la densité;
3° Épreuve d'humidité;
4° » d'incinération;
5° » de solubilité;
6° » d'alcalinité;
7° » de chaleur.

Examen physique. — On ouvre au hasard une caisse sur 20 et dans chaque caisse on prélève $\frac{1}{5}$ des carreaux, disques ou cylindres; ceux-ci ne doivent avoir aucune tendance à s'ouvrir et à se fendre facilement. Les arêtes seront adoucies; on vérifie les dimensions extérieures au moyen de calibres et de lunettes.

Mesure de la densité. — Elle sera au moins égale à l'unité. On divise le poids du solide sec par son volume que l'on calcule en mesurant les dimensions.

Épreuve d'humidité. — On dessèche les échantillons à l'étuve en dessous de 60°, on pèse toutes les heures jusqu'à ce que la perte du poids soit inférieure à $\frac{1}{2}$ %. On pèse tous les blocs séparément et le poids obtenu donnera pour chacun d'eux le poids à l'état sec qui doit servir à la recherche de la densité. Les échantillons seront ensuite exposés à l'air libre pendant deux heures, puis pesés derechef. Les nouveaux poids serviront à fixer le poids net de chaque gâteau, d'après lequel sera établie la quantité de coton-poudre servant à la fixation du prix de remboursement contenue dans le lot examiné.

On peut aussi faire usage du vide sec, mais l'opération est longue.

Nous rappelons que le taux d'humidité pour le coton-poudre sec ne doit pas dépasser 5 % : au delà, il donne des ratés avec la capsule de fulminate.

Épreuve d'incinération. — On enlève quelques grammes de coton-poudre dans la partie centrale du bloc; on pèse 2 grammes qu'on place dans une capsule; on ajoute un peu de paraffine et on chauffe doucement pour fondre, puis on élève graduellement la température et on calcine.

Le résidu doit être inférieur à 4 % pour le CP pur.

Épreuve de solubilité. — On prélève au centre du gâteau 10 à 15 gr. du coton-poudre; on fait bouillir un quart d'heure avec un litre d'eau distillée qu'on jette. On exprime le coton-poudre et on fait bouillir de nouveau un quart d'heure; on fait quatre lavages pour enlever le carbonate.

On dessèche à fond.

On met en digestion 3 gr. de coton-poudre dans 100 c^3 d'un mélange de 1 partie d'alcool à 90° (G. L.) et 2 parties d'éther à 65° B (D = 0,7231). On abandonne 3 heures et on remue de temps en temps; on filtre sur une fine mousseline, puis on comprime le coton-poudre enveloppé de mousseline au moyen d'une presse à vis entre des papiers à filtrer. On recommence l'opération, puis on sèche et on pèse.

Le poids obtenu donne la somme de nitrocellulose non soluble et de cellulose non nitrée; on fait bouillir ce résidu (environ 5 gr.) avec une solution saturée de sulfure de sodium, on laisse reposer 48 heures, on filtre ou on décante. Le résidu est soumis à un nouveau contact et on filtre; on lave à l'acide chlorhydrique étendu, puis à l'eau, on sèche et on pèse. Le poids est celui de la cellulose non nitrée plus les cendres. Si l'on calcine, le perte de poids donne la cellulose.

En Angleterre on dose le coton-poudre soluble comme suit : on dissout 3gr24 de matière (50 grains) dans 150 cc. d'alcool-éther; on laisse en contact 6 heures en remuant souvent. On prélève 75 cc. du liquide clair qu'on laisse évaporer sur un verre taré, on sèche à 40° c. jusqu'à cessation de perte de poids.

On est obligé d'employer cette méthode lorsque le CP soluble est abondant, la solution devient visqueuse et on ne peut plus la filtrer. Les résultats obtenus sont un peu trop forts. Dans le cas d'un CP entièrement soluble, on trouve 102, 103 %, cela provient de la difficile dessiccation de la pellicule de collodion.

On obtient de meilleurs résultats en précipitant le CP de sa solution au moyen d'eau distillée que l'on ajoute peu à peu en agitant jusqu'à ce que le trouble soit persistant; on obtient ainsi le CP sous forme de précipité floconneux qu'il est plus facile de sécher complètement.

Épreuve pratique de rupture. — On fait détoner à l'air libre sans bourrage des charges de coton-poudre sur des pièces à section rectangulaire, de chêne ou de fer de première qualité.

On doit obtenir des cassures nettes en calculant les charges par les formules suivantes :

$$C = 50 \quad ab^2 \text{ pour le chêne.}$$
$$C = 5000\ ab^2 \quad \text{»} \quad \text{fer.}$$

a = largeur de la pièce.

b = épaisseur » prise normalement à la charge (Tournay, *Poudres et explosifs)*.

Épreuve d'alcalinité. — On opère sur un échantillon de coton-

poudre séché à l'air, très finement divisé et provenant du centre des gâteaux; on pèse 2 grammes.

On prépare deux liqueurs :

1° Un volume de 20 cc. environ d'acide chlorhydrique marquant 20 à 22° B. est étendu d'eau distillée de façon à faire un litre;

2° On dissout 21gr2 de carbonate de soude dans une petite quantité d'eau, puis on complète à 1 litre exactement. Le carbonate de soude doit être pur et toujours dans le même état. On peut prendre celui du commerce qu'on purifie par plusieurs cristallisations, ensuite on le laisse effleurir à l'air. On fait sécher la poudre à l'étuve et on la chauffe fortement dans une capsule en remuant; lorsqu'une lame de verre froid ne se ternit plus, l'opération est terminée; on laisse refroidir sous une cloche avec du chlorure de calcium.

On verse 10 cc. de la liqueur acide sur 2 gr. de coton-poudre; après quelque temps, l'alcali (carbonate de sodium) qui imprègne le coton-poudre, est attaqué; on décante le liquide, on lave le coton-poudre par décantation ou bien sur filtre jusqu'à ce que les eaux ne se troublent plus par le nitrate d'argent; toutes les eaux sont réunies. On y verse un peu de teinture de tournesol bleu qui rougit aussitôt, puis à l'aide d'une burette graduée on laisse couler la solution alcaline 2° jusqu'à ce que la couleur rouge du tournesol redevienne bleue. (Au lieu de tournesol, on peut faire usage de tropoléine plus sensible au virage.) On lit la burette, soit n cc.

On titre les deux liqueurs types comme suit :

On prend 10 cc. de la liqueur acide au moyen d'une pipette graduée, on allonge avec de l'eau distillée au même volume que la liqueur précédente. On rougit par un peu de tournesol, puis on verse la solution alcaline jusqu'au bleuissement; on lit la burette graduée, soit n' cc.

Par conséquent, $n' - n$ représente le volume de liqueur alcaline contenant un poids de carbonate de soude égal à celui qui se trouve dans les 2 gr. de coton-poudre, c'est-à-dire $(n' - n)\ 0{,}02$ ou pour 100 gr. de coton-poudre $(n' - n)\ \frac{0{,}02}{2} \times 100 = n' - n$.

Donc $n' - n$ donnera en grammes le poids du carbonate de soude contenu dans 100 grammes de coton-poudre, c'est-à-dire le taux °/₀ d'alcalinité.

Ce nombre doit être compris entre 2 et 4.

Épreuve de chaleur. — Elle a pour but de constater la rapidité d'altération du coton-poudre sous l'influence de la chaleur. On fait usage d'un gros vase sphérique ou d'un grand vase à précipité pouvant contenir plusieurs litres d'eau. La grande quantité d'eau est nécessaire pour conserver pendant un temps assez long une température uniforme. Au-dessus du vase se trouve une feuille métallique servant de couvercle. On fera en sorte que ce couvercle ne s'échauffe pas par le rayonnement de la flamme; on peut le faire déborder en dessous par un carton.

La feuille est percée d'un certain nombre de trous destinés à recevoir des tubes à essais, un thermomètre très sensible et un thermo-régulateur si c'est nécessaire.

Le vase est placé sur un trépied à cheminée et chauffé par une lampe Bunsen à couronne.

On peut aussi faire usage du bain-marie; du reste, une disposition quelconque de chauffe peut être employée; le but est d'obtenir une température fixée et bien permanente. On introduit dans les tubes à essais 1 gr. 3 de coton-poudre pulvérulent, *lavé* et séché à l'étuve à 45°, puis exposé pendant 15′ à l'air pour qu'il absorbe un peu d'eau; on tasse légèrement; les tubes à essais doivent être exactement du même calibre (diamètre 15 mm., longueur 12 centimètres). Les tubes sont fermés avec des bouchons pleins.

L'eau est chauffée à 65° c. (64°5 à 65°5); on enfonce les tubes à essais dans l'eau, de 5 à 6 centimètres, on enlève les bouchons et on les remplace par d'autres bouchons, au travers desquels passent des baguettes de verre à crochets, auxquels on peut fixer des papiers d'épreuves, dont nous donnons la préparation plus loin.

Le papier d'épreuve, avant son introduction dans le tube, est mouillé à la partie supérieure d'une goutte d'eau distillée glycérinée ($\frac{1}{10}$). La moitié seule du papier doit être mouillée. On maintient d'abord le papier d'épreuve contre le bouchon. Les tubes sont mis en place; au bout de cinq à six minutes, de la vapeur se dépose sur la partie du tube en contact avec l'air au-dessus du couvercle; on abaisse alors le papier d'épreuve jusqu'à ce que la ligne de séparation

le la partie humide et de la partie sèche se trouve au niveau du bas le l'anneau humide du tube; on regarde le papier. L'épreuve est erminée quand une très faible coloration brune apparaît sur la ligne le démarcation de la partie sèche et de la partie humide du papier.

L'intervalle de temps entre le premier moment où l'on plonge lans l'eau à 65° le tube contenant l'échantillon de coton-poudre t le moment où se produit la coloration brune du papier, c'est e qui constitue l'épreuve. Cet intervalle doit être au minimum le 10 minutes (en Angleterre et Amérique 15 minutes).

Papier d'épreuve. — C'est du papier amidonné ioduré; on mélange grammes d'amidon en poudre impalpable avec 250 grammes d'eau listillée; on fait bouillir, on laisse reposer 24 heures dans une haute prouvette, on décante et on ajoute une solution de 1 gramme l'iodure de potassium dans 250 cc. d'eau distillée.

Dans cette liqueur, on trempe des feuilles de papier à filtrer endant 10 secondes, on laisse égoutter et on sèche. On coupe en norceaux de 12^{mm} sur 25^{mm}.

Ce papier doit être conservé à l'abri de la lumière, dans un flacon ien bouché.

Le papier doit être rejeté quand il se colore sous l'influence d'une outte d'acide acétique dilué.

Certaines épreuves sont plus sévères. Pour les poudres sans fumée, exige une chauffe à 80° c. pendant 45 minutes.

D'après M. Tullen, l'essai à la chaleur est influencé par la nature papier. Les papiers épais donnent des résultats plus rapides que s papiers minces. Leur texture joue aussi un certain rôle.

Les papiers contenant des traces de produits chimiques employés la purification de la pâte donnent toujours des résultats bas. La sensibilité du papier paraît diminuer avec l'âge; on est d'accord pour dire que les résultats ne sont pas constants jusque six semaines d'âge, mais alors, on ne sait pas pourquoi, les papiers s'affermissent t ils peuvent être conservés des années entières sans s'altérer.

Le papier en usage au ministère de la guerre anglais est du apier buvard mince d'une épaisseur moyenne de 0,0082 pouce esant 75 gr. au mètre carré.

L'essai de la chaleur ne doit pas servir comme on le croit souvent à mesurer la stabilité relative de *différents* explosifs mais bien d'un même explosif fabriqué dans des conditions différentes.

Épreuve de chaleur O. Guttmann. — L'épreuve avec le papier à l'iodure de potassium est mis en défaut quand le CP renferme des matières qui peuvent masquer la mise en liberté de l'iode.

L'auteur cite le fait que du papier à l'iodure de potassium qui avait bruni à l'épreuve de chaleur avec de la Plastoménite de Güttler, placé dans un tube avec de la poudre de Walsrode, la ligne d'iode disparaissait. La poudre de Walsrode devait donc contenir quelque chose qui devait agir sur l'iode mis en liberté. On sait que de nombreux corps absorbent l'iode comme les graisses et les huiles ou qui s'y combinent ou le dissolvent. Plusieurs substances mêlées au CP dans les poudres sans fumée peuvent empêcher la réaction de l'iode.

Plus le grain de la poudre est gros, plus il est difficile de chasser le dissolvant par la chaleur. Quelques poudres renferment jusque 1 % d'acétone ou d'éther acétique. Quoique le grain ne sente plus, dès qu'on le moud, le dissolvant disparaît par la chaleur, il contrebat l'action des vapeurs nitriques et allonge indûment l'épreuve de chaleur.

Puis le papier à l'iodure de potassium ne donne pas des résultats identiques suivant sa préparation.

On pourrait penser que l'huile ne s'évapore pas à une aussi faible température, mais M. Guttmann, en expérimentant l'huile de ricin, prouve qu'il y a une évaporation notable.

Épreuves : à 70° c.

Coton-poudre pur		9	minutes.
Id.	avec 3 gouttes d'huile de ricin	19	»
Id.	id. vaseline	44	»

On constate avec les poudres sans fumée finement moulues que l'épreuve ne donne pas la même durée à un jour d'intervalle parce que le dissolvant a pu s'évaporer.

Les gros grains donnent une meilleure épreuve que le même grain moulu.

Bref tous les essais prouvent qu'on ne peut accorder qu'une confiance limitée dans l'épreuve à l'iodure de potassium. M. Guttmann a essayé un grand nombre des réactifs connus pour déceler la présence du NO^2.

1° Mélange d'acide sulfurique et de naphtylamine en solution dans l'acide acétique (Griess).

2° Mélange de nitrate mercurique et de phénol (Plugge).

3° Fuchsine dissoute dans l'acide acétique glacial (Jorissen).

4° Rosaniline (Vogel).

5° Paramidobenzine azodiméthylaniline (Meldola).

6° Antipyrine (Curtmann).

7° Diphenylamine (Kopp).

8° Mélange d'acide sulfanilique et de phénol (Frankland).

9° Chlorhydrate de m. phénylène diamine (Griess).

Il a choisi la diphénylamine comme donnant les meilleurs résultats.

On prend $0^{gr}1$ de diphenylamine cristallisée, on ajoute 50 cc. SO^4H^2 dilué (10 cc. SO^4H^2 + 40 cc. eau distillée) et on chauffe au bain-marie à 50-55°; après dissolution, on agite et on refroidit. On ajoute 50 cc. de glycérine pure, on agite et on conserve dans l'obscurité.

Plusieurs variantes de cette formule ont été données dans le but d'obtenir une réaction plus nette.

Suède et Norvège — épreuve à 80°.

0,1 diphénylamine.
15 cc. SO^4H^2.
15 cc. H^2O.
70 cc. glycérine.

Van Loock (École de pyrotechnie, Anvers).

0,5 diphénylamine.
10 cc. SO^4H^2.
40 cc. H^2O.
25 cc. glycérine.

Pour l'épreuve, on pulvérise l'explosif ou on moud au moulin à café ou à poivre, on tamise au tamis fin; on en met $1^{gr}5$ au fond du

tube à essais réglementaire. Des bandes de papier de 25 mm. de long et de 10 mm. de large sont suspendus au crochet réglementaire ; on frotte une goutte de diphénylamine à chaque coin supérieur du papier de façon que quand les gouttes se rejoignent, un quart du papier soit mouillé.

Puis on plonge le tube dans le bain d'eau à 70°. La réaction ne se fera pas avant 15 minutes. Elle commence par la partie mouillée qui verdit ; il faut faire maintenant attention, au bout de 1 à 2′ une ligne bleue apparaît brusquement. C'est la fin de l'épreuve qui est annotée.

Il est important que l'explosif renferme le moins d'humidité possible, mais il ne faut pas dépasser 40° pour la dessiccation.

Il faut aussi pulvériser ou moudre finement pour régulariser la chauffe de l'explosif et le dégagement de vapeurs nitreuses. On a ainsi un coefficient qui est constant. Il faut se mettre dans les mêmes conditions pour tous les explosifs.

M. Guttmann donne dans son mémoire un tableau d'épreuves à la chaleur d'où il résulte que la présence de l'huile de ricin, d'éther acétique, d'acétone, de camphre, de vaseline, etc., rend l'épreuve à l'iode caduque, tandis que ces corps n'ont aucune influence sur le papier à la diphénylamine.

Spica conseille le chlorhydrate de métaphénylènediamine de préférence à la diphénylamine. Il remarque un résultat plus net, et de plus le temps nécessaire pour l'obtention de la couleur jaunâtre masquant la mise en liberté de NO^2 est 4 ou 5 fois plus court.

M. Guttmann considère avec raison cette rapidité comme un défaut capital, car elle ne laisse aucune limite aux erreurs d'observation ou d'opération. La valeur de l'essai est amoindrie en outre car une grande partie de sa durée est consacrée au chauffage du tube en verre ainsi que de la substance à expérimenter qu'il renferme.

Au lieu de chauffer à basse température *on emploie souvent le chauffage à 135°* au bain de xylène qui bout à cette température. Au-dessus de l'explosif on met un papier de tournesol à 13 mm. de distance et on note le temps pour le rougissement du papier, l'apparition des vapeurs rouges et enfin l'explosion.

	Rougissement du papier.	Vapeurs rouges.	Explosion.
Nitrocellulose	30′	45′	5 heures.
Poudre à la nitrocellulose . .	75′	126′	5 „
„ à la nitroglycérine . .	30′	45′	5 „

Les essais à l'iode, à la diphénylamine, etc., ne décèlent que la présence d'éléments secondaires et instables du CP. Ils montrent que le CP est, par exemple, suffisamment purifié, mais ces essais n'ont aucune signification quant à la valeur de l'explosif au point de vue de sa stabilité ultérieure.

L'essai à la chaleur à 130-140° qui détruit la molécule, démontre quelle est la cohésion de cette molécule.

Il n'existe aucune relation entre l'essai à l'iodure et la température d'explosion. M. Albert Sy donne les résultats suivants obtenus avec des poudres sans fumée.

Essai au KI.	T d'explosion.		
15′	174	10′	175
39	171	10	172
35	177	55	175
28	177	60	177
15	171	30	178
10	177	30	171
30	161	15	177
9	174	10	179
12	168		
20	173		
30	172		
21	176		
30	175		

401. Recherches sur la détermination de la stabilité de la nitrocellulose par M. Will (*Moniteur Quesneville*, février 1903). — La fabrication du CP par les méthodes actuelles les plus perfectionnées n'assure pas l'obtention d'un produit absolument stable. Est-il possible avec les moyens actuels de déterminer si un CP donné

peut être conservé dans des conditions normales pendant plusieurs années ou non.

Les méthodes actuellement usitées pour essayer la stabilité du CP ne sont pas suffisantes en ce qui concerne la stabilité. Elles ont ce de commun qu'on chauffe toujours la substance à étudier à une température supérieure à la normale et qu'on étudie directement ou à l'aide de papier réactif les phénomènes qui accompagnent le dégagement des gaz nitreux. Les méthodes diffèrent uniquement par le mode de faire. Abel emploie le papier au KI, Guttmann la diphénylamine, en Allemagne le KI est remplacé par l'iodure de zinc; on élève aussi la température à 80°; la méthode est ainsi plus sensible. Ces essais ne renseignent que sur le moment où dans des conditions déterminées la décomposition du CP commence; ils n'indiquent nullement comment cette décomposition continue; or, ceci est important. Un CP peut renfermer à l'état de mélange une combinaison se décomposant facilement mais telle, soit à cause de sa proportion, soit à cause de ses propriétés, qu'elle ne puisse provoquer la décomposition de la portion principale de l'explosif considéré. Inversement un CP peut renfermer une combinaison plus stable que la précédente mais susceptible d'avoir une mauvaise influence sur toute la masse du CP.

Hess a étudié le dégagement plus ou moins rapide des vapeurs nitreuses en dirigeant un courant d'air sec sur le CP chauffé à 70° et en le faisant barboter dans une solution diluée de KI en présence d'amidon. Hess signale 5 stades : 1° coloration brune autour de l'orifice d'arrivée d'air; 2° anneau coloré bien visible; 3° la coloration se propage dans tout le liquide; 4° le liquide est opaque sous une épaisseur de 5 centimètres; 5° inflammation du CP.

Hoitsema chauffe le CP pendant un quart d'heure à une température constante; puis il fait passer CO^2 sec. Un bouchon de laine de verre est imprégné de SO^4H^2 et de diphenylamine qui se colore à la première atteinte du gaz nitré. En répétant l'opération de 10° en 10° à des températures décroissantes, il arrive un moment où la réaction cesse.

Mais ces réactions très sensibles décèlent déjà une décomposition

ui peut être sans importance pour la stabilité du CP, et elles peuvent être masquées par l'addition de certaines substances.

La nouvelle méthode doit concorder avec la formation du CP depuis le coton et l'agent nitrant jusqu'au produit nitraté; les résultats obtenus à diverses températures devaient présenter entre eux un lien quelconque.

Le CP à essayer est séché et porté à une température déterminée à laquelle il doit se décomposer lentement. Will choisit la température de 135°. L'expérience a montré qu'il faut chauffer pendant 4 heures à cette température pour obtenir le résultat cherché. A ce moment, une fraction seulement est chassée.

Les produits azotés volatils de la décomposition sont entraînés au fur et à mesure de leur production par un courant de CO^2 sur du cuivre chauffé au rouge : ils sont ainsi réduits et le N formé est recueilli dans une cloche graduée. On opère sur 2,5 gr. de CP sec. On le place dans un tube large de 15 mm. et long de 10 centim. et on l'y comprime de façon qu'il occupe une hauteur de 5 centim. Avant de commencer l'expérience, on chasse l'air de l'appareil par un lent courant de CO^2 pur et sec. Celui-ci traverse un serpentin de verre entourant le tube et soudé à la suite, serpentin qui sert à égaliser les températures, il passe ensuite de bas en haut dans la nitrocellulose et est finalement absorbé par une solution de soude. Une fois l'air chassé, on plonge l'appareil dans un bain d'huile qui est chauffé à une temperature déterminée, on règle convenablement le courant de CO^2 et on maintient constante la température du bain d'huile en y plaçant un agitateur approprié. Pour éviter l'effet des explosions qui se produisent quelquefois, la partie chauffée de l'appareil est enfermée dans une cage en tôle et en verre épais. Il est important que les produits acides de décomposition ne puissent se condenser en aucun point de l'appareil, aussi est-il bon de sceller les tubes de verre partout où cela est nécessaire; le tube est fermé par un bouchon soudé portant un tube de dégagement latéral (voir la description des appareils Richard Escales : *Die Schiessbaumwolle* et *Moniteur scientifique Quesneville*, septembre 1903).

Il résulte des études que le procédé est certain pour déterminer

si une nitrocellulose en elle-même, supposée exempte d'additions étrangères, possède la stabilité qu'on peut obtenir pour ces produits. Quand une NC possède cette qualité, il se dégage, lors de sa décomposition sous l'influence d'une température un peu élevée, toujours la même quantité d'azote par unité de temps. Cette NC ne tendra pas à se décomposer brusquement si elle est chauffée progressivement et ne passera pas ainsi subitement à un état dangereux.

La régularité avec laquelle la NC se décompose, à la condition expresse qu'on enlève les produits de la décomposition au fur et à mesure qu'ils se forment, est la mesure de sa stabilité.

Il résulte des essais de Will sur les CP obtenus dans des conditions de nitrations différentes.

$$4\tfrac{1}{1};\ 4\tfrac{3}{1};\ 9\tfrac{1}{1};\ 14\tfrac{1}{1};\ 14\tfrac{3}{1};\ 19\tfrac{1}{1};\ 19\tfrac{3}{1}$$

(par exemple $4 = H^2O$ $3 = SO^4H^2$ $1 = NO^3H$ donc $4\frac{3}{1}$ signifie un mélange de 3 p. en poids SO^4H^2 + 1 p. NO^3H à 4 % aq.) soit

H^2SO^4	72 %
HNO^3	24 %
H^2O	4 %.

1° Toutes choses égales, d'ailleurs, et à proportions constantes de SO^4H^2 et NO^3H, la rapidité avec laquelle N se dégage décroît lorsque la teneur en eau de l'agent nitrant augmente. C'est ainsi que lavée à froid la cellulose $4\frac{1}{1}$ explose au bout de quelques minutes, tandis que la cellulose $19\frac{1}{1}$ possède un degré de stabilité considérable.

2° Toutes choses égales, d'ailleurs, et à teneur en eau de l'agent nitrant constante, la rapidité avec laquelle le N se sépare, est fonction du rapport des teneurs de l'agent nitrant en SO^4H^2 et NO^3H. En augmentant la teneur en H^2SO^4, on fait décroître la stabilité. Ce facteur est néanmoins beaucoup moins influent que le précédent.

Il ressort des expériences sur les NC incomplètement purifiées (simplement lavées à l'eau froide), que la vitesse avec laquelle N se sépare, à température égale, varie beaucoup pour les NC préparées avec des agents nitrants différents. Cette variation est beaucoup plus intense que ne pourraient le faire supposer les propriétés des produits, en particulier leur teneur en azote.

Pour expliquer les différentes façons dont se comportent les verses NC, on peut se représenter qu'il se forme des composés trés accessoires, autres que les nitrates de cellulose, lors de la itration. Les propriétés et la proportion de ces composés doivent arier avec la composition de l'agent nitrant. En fait, on sait qu'il forme ces produits lorsqu'on traite la glycérine, la cellulose, etc., ar l'acide nitrique.

Mais tandis qu'on peut éliminer ces impuretés dans la fabrication la nitroglycérine, par exemple, par des lavages prolongés à l'eau ide; il n'en est plus de même pour le CP. Il est probable que ns ce cas les produits secondaires sont insolubles dans l'eau chaude me dans l'eau froide. Ce n'est que par un traitement convenable, exemple, en prolongeant l'influence destructive d'une tempé-ure un peu élevée qu'on les solubilise. Ils peuvent être alors minés ainsi que les dernières traces d'acide par le lavage à au froide.

3° Lorsqu'on étudie des nitro-celluloses qu'on a fait bouillir avec l'eau additionnée de CO^3Ca, on reconnaît qu'à 135° la séparation N est d'autant plus lente que l'ébullition a été plus longtemps longée. La différence est naturellement plus marquée lorsque gent nitrant renferme moins d'eau.

4° Cette influence de la durée de l'ébullition tend vers une limite partir de laquelle on n'augmente plus la stabilité du produit en ntinuant l'ébullition. Cette limite est d'autant plus vite atteinte e la teneur en eau de l'acide nitrant est plus considérable et que proportion de SO^4H^2 y est plus faible par rapport à celle de NO^3H.

5° On s'est aussi occupé de la question de savoir si l'état de division CP pendant le lavage avait une influence. Or, on a remarqué que vitesse de séparation de N à 135° était la même, que la NC ait été uillie telle quelle ou après avoir été hachée. Le fait est contraire à pinion générale d'après laquelle on ne peut obtenir une NC stable l'on ne l'a hachée. Il est cependant conforme à la pratique française.

La méthode s'applique aux nitro-celluloses mercurielles (au sublimé ur aseptiser).

La méthode a été comparée avec les procédés habituels et on a pu

se rendre compte si ces procédés donnaient réellement une mesure quelconque de la stabilité des produits.

La méthode à l'iodure de zinc permet d'une façon générale de suivre l'état d'une cellulose nitrée.

Dans la fabrication courante, elle peut être d'un grand secours pour reconnaître l'état de purification de plus en plus avancé du produit. Au cours d'une même purification, à mesure que la séparation de l'azote devient plus faible, on voit aussi la réaction colorée se produire plus tardivement.

Cependant, il n'y a pas parallélisme toujours constant entre les résultats fournis par la méthode à l'iode et ceux que donne la méthode quantitative. Et l'on pouvait s'y attendre, puisque le papier réactif se colore dès qu'il y a séparation d'iode du fait d'un corps étranger, mais cela sans donner d'indication sur sa nature ni sur ses relations avec le produit examiné. C'est à ce point qu'il faut attribuer certaines contradictions qu'on observe entre les deux méthodes. C'est ainsi qu'un CP donnait la réaction avec l'iodure immédiatement, après un simple lavage à l'eau froide, la réaction ne se produisait qu'au bout de 30′. On aurait donc dû conclure qu'on avait rendu stable une cellulose instable. Il n'en était pourtant rien; la méthode quantitative montra qu'on n'avait, pour ainsi dire, rien gagné en stabilité à haute température; or, on a pu décider quel était le résultat qui correspondait à la réalité. Le CP en question s'était bien conservé pendant des années et il est certain que les produits analogues sont parfaitement stables quoique l'essai à l'iodure ne soit pas satisfaisant. Des comparaisons analogues des deux méthodes montrent que le procédé à l'iodure ne constitue pas un essai de stabilité dans le sens étendu où on l'admettait jusqu'ici.

Les résultats de l'essai de Will peuvent être représentés par des courbes représentatives de la décomposition en fonction du temps. Ces courbes affectent des formes différentes, selon que le CP est plus ou moins complètement purifié. C'est par raison de rapidité qu'on a choisi la température de 135°, mais on peut conclure de la stabilité à 135° à celle à température ordinaire. On observe que, lorsque les courbes représentatives de la décomposition en fonction du temps

présentent à 135° soit une courbure intense, soit des points singuliers, elles offrent aussi les mêmes caractères à une température quelconque. Plus la température est basse, plus, à la vérité, la quantité d'azote formé par unité de temps est faible. Aussi en résulte-t-il que toutes choses égales d'ailleurs, aux températures voisines de 60°, les caractéristiques des celluloses impures (courbure intense et points singuliers des courbes représentatives) disparaissent peu à peu. Mais si on s'arrange de façon à produire une quantité suffisante d'azote par unité de temps, par exemple, en augmentant la quantité de substance sur laquelle on fait porter l'analyse, on voit ces caractéristiques apparaître même à 40°.

D'autre part, les CP purs sont caractérisés par le fait que la quantité d'azote séparée par unité de temps est constante, c'est-à-dire que la courbe représentative devient une droite. Or, ce caractère reste aussi constant, soit qu'on augmente la quantité de CP mis en œuvre, soit qu'on élève la température à laquelle se fait l'essai.

Les CP présentant une purification avancée mais encore incomplète ont même, aux basses températures, ce caractère commun que la quantité d'azote augmente brusquement au bout d'un certain temps.

On possède donc un procédé certain pour déterminer si un CP en lui-même, c'est-à-dire supposé exempt d'additions étrangères, possède la stabilité qu'on peut obtenir pour ces produits.

Quand un CP possède cette qualité, il se dégage, lors de sa décomposition sous l'influence d'une température un peu élevée, toujours la même quantité d'azote par unité de temps. Ce CP ne tendra pas à se décomposer brusquement s'il est chauffé progressivement et ne passera pas ainsi subitement à un état dangereux. Il est évident que, pour les essais par ce procédé, on ne peut opérer qu'à des températures telles qu'on puisse suivre avec exactitude le dégagement d'azote par unité de temps. Il est donc bon, à ce point de vue, de ne pas dépasser beaucoup 135°. D'autre part, les températures inférieures ne sont pas non plus favorables parce que, lorsque le dégagement est lent, indépendamment d'autres inconvénients, les erreurs méthodiques deviennent trop sensibles. Pour l'essai on peut employer le CP humide.

402. Méthode pour la détermination de la stabilité de la nitro-cellulose par MM. E. Bergmann et A. Iunk (zeitschrift für angewandte chemie 1904, p. 982). — *Traduction Moniteur Quesnerille, janvier 1906.*

Ce procédé est en usage dans les établissements militaires de la Prusse. Il se rapproche du procédé courant qui consiste à chauffer le CP à 132° jusqu'à dégagement de vapeurs rouges indiquant le commencement de la décomposition. La différence est qu'elle permet de doser quantitativement l'oxyde d'azote mis en liberté à 132° pendant un intervalle de temps donné.

L'appareil se compose d'une caisse en cuivre complètement fermée de 35 cent. de largeur, 10 de profondeur et 25 de hauteur renfermant 200 cc. d'alcool amylique. Son couvercle boulonné porte 10 tubes en laiton étiré de 20 cent. de longueur servant à recevoir les tubes en verre contenant le CP. Les tubes en laiton sont d'une seule pièce, sans soudure et d'une épaisseur suffisante pour pouvoir résister à l'explosion de 2 gr. de CP. Le couvercle porte un tube mince recevant un thermomètre et un tube reliant le récipient à reflux en métal de forme sphérique.

L'alcool amylique est porté à l'ébullition en chauffant l'appareil au moyen d'un brûleur de sûreté de Koch et la température est ainsi maintenue constante à 132°.

Les tubes en verre épais recevant le CP sont fermés à leur extrémité inférieure; ils mesurent 35 cent. de longueur et 20 mm. de diamètre intérieure : la capacité de 50 c^3 est indiquée par un trait. L'appareil, servant à l'absorption des vapeurs nitreuses, se compose d'un gobelet en verre de 100 mm. de hauteur et 30 mm. de diamètre; le fond de ce gobelet livre passage à un tube de verre élargi à sa partie inférieure et rodé sur le tube contenant le CP. L'autre extrémité du tube débouche dans le gobelet et s'élève d'une certaine quantité ; c'est sur cette extrémité que l'on renverse un tube à essais élargi en son milieu en forme de boule. Le gobelet est à moitié plein d'eau, la boule du dernier tube a pour but d'empêcher que l'eau ne pénètre dans le tube contenant le CP au cours du chauffage cela n'arrive que lorsque le CP n'est pas assez sec ou qu'il est de mauvaise qualité).

On peut également réaliser l'absorption en faisant barboter les gaz dans un appareil à quatre boules garni d'eau. L'essai ne doit porter que sur du CP bien sec ; on dessèche dans un courant d'air ne dépassant pas 50° puis on place en présence de SO^4H^2 concentré. L'humidité ne doit pas dépasser 1 %.

On introduit dans le tube 2 gr. CP en se servant d'un entonnoir métallique. La partie rodée à l'émeri est bien graissée ; on met l'appareil d'absorption en place ; on remplit à moitié le gobelet d'eau, puis on introduit le tout dans l'appareil chauffé à 132°. Au bout de quelque temps, l'air du tube s'étant dilaté s'échauffe et barbote dans l'absorbeur ; les dernières traces d'humidité se condensent sur les parties froides du tube central. Cette condensation rend la pression dans le tube < que celle de l'air atmosphérique. En cas de CP très instable, il y a suppression. Au bout d'un temps déterminé (2 heures il s'agit de la réception d'un CP), on enlève les tubes de l'appareil ; par raison du refroidissement, l'eau pénètre dans le tube et humecte le CP. L'appareil d'absorption est lavé et l'eau de lavage sert à remplir le tube jusqu'au trait de 50 cc. On prend 25 cc. de la liqueur, on ajoute 1 cc. de permanganate $\frac{1}{2}$ normal et on effectue le dosage de l'azote par la méthode de Schloesing, modifiée par Schulze et Tiemann.

Le NO dégagé est recueilli dans une cloche graduée dont la partie supérieure (10 c^3) possède un faible diamètre ; on peut ainsi mesurer le $\frac{1}{10}$ de c^3. Le volume NO est ramené à 0° et 760. L'addition préalable de permanganate sert à oxyder les oxydes inférieurs de l'azote à l'état d'acide azotique.

Un gramme de CP de bonne qualité chauffé à 132° pendant 2 heures ne doit pas dégager plus de 2,5 cc. d'oxyde d'azote.

Quelquefois le CP fait explosion : l'ensemble de l'appareil est placé dans une enveloppe résistante portant deux glaces de 8 à 9 mm. d'épaisseur afin de permettre de suivre la marche de l'opération.

Lorsque la proportion d'eau dépasse 3 %, elle se condense sur les parties froides et elle peut retomber sur le CP, ce qui provoque une décomposition énergique dans la partie humectée ; en ce point la température monte, ce qui peut entraîner l'explosion. Il est donc absolument nécessaire que le CP ne renferme pas plus de 1 % d'eau.

Le CO^3Na^2 est souvent employé pour le lavage du CP à la pile défileuse. Il retarde l'émission des acides de l'azote qui se combinent avec lui pendant l'essai, cependant pour de bons CP l'action est peu sensible. Il en est de même du carbonate Ca. Le chlorure mercurique n'a qu'une faible influence, de même l'alcool.

M. A. Mittarsh a aussi imaginé un appareil pour l'analyse des phénomènes chimiques produisant un dégagement gazeux et son application à l'étude de la décomposition progressive des nitrocelluloses *(Moniteur scientifique Quesneville*, octobre 1904).

En Allemagne on exige pour le CP base des explosifs :

a) Le dégagement d'azote à 132° pour 1 gr. CP ne peut dépasser 2,5 cc.

b) La température d'inflammation doit être au-dessus de 180°.

Pour les explosifs fabriqués avec ce CP on prescrit :

a) Les poudres à base de CP doivent avoir un point d'inflammation d'au moins 170° et chauffées pendant 3 heures à 120° ne doivent pas donner de vapeurs rouges visibles.

b) Les explosifs à base de CP + NG doivent avoir un point d'inflammation d'au moins 160° et ne pas donner de vapeurs rouges à 120° après 1h30'.

403. Essai d'explosion du coton-poudre. — On place 0gr1 de CP dans un tube à essais solide; on chauffe au bain de paraffine à 100° et on agite au moyen d'un petit moteur hydraulique. Le couvercle de la marmite à paraffine est percé de six trous avec pinces pour les tubes. Dès qu'on atteint 100°, on pose les tubes et on fait monter la température de 5° par minute jusqu'à ce que la déflagration ait lieu.

On exige généralement 180°.

Détermination du taux d'azote des coton-poudres.

404. Méthode Schloesing. — Elle s'applique à tous les éthers nitriques. Le principe de la méthode a été indiqué précédemment.

A cause de l'insolubilité du CP dans l'eau, on apporte au processus les modifications suivantes.

Dans le ballon on introduit environ 400 mmg. de coton-poudre; on met le bouchon de l'appareil puis on verse par l'entonnoir de l'eau distillée. On fait bouillir jusqu'à ce que tout l'air ait disparu. On introduit par l'entonnoir à robinet une solution saturée de chlorure ferreux et un volume égal d'acide chlorhydrique. On reçoit le gaz sous une cloche graduée. Celle-ci affecte une forme spéciale : le tube est renflé à la partie inférieure; la partie supérieure est à boule et entonnoir, forme boule et goulot; un robinet sépare la boule de l'entonnoir. La boule tient environ 100 cc. et le restant du tube cylindrique est gradué en cc. et dixièmes.

Afin d'absorber le CO^2 qui se dégage, le liquide de la petite cuve à eau est une solution de potasse caustique. Elle est disposée au-dessus d'une couche de mercure, et le tube de dégagement du gaz doit avoir son bout dans le mercure, en d'autres termes, il faut que le gaz barbote dans le mercure. Cette disposition est justifiée par le fait que, si l'on fait bouillir de l'eau distillée dans le ballon, de l'air continue à se dégager dans la cloche graduée pendant des heures; cet air provient de la dissolution de l'air ambiant dans le liquide de la cuve à eau. La petite couche de mercure empêche ce phénomène et, au bout de quelques minutes, la montée des bulles microscopiques dans la cloche graduée cesse.

Pour remplir celle-ci, on la dispose au-dessus du bain de potasse caustique, on fait le vide par-dessus au moyen d'un caoutchouc avec bouchon introduit dans le goulot de dessus. Lorsqu'on pense que le ballon est vide d'air à la suite de l'ébullition, on met la cloche graduée en place, les bulles microscopiques montent encore un certain temps, puis cessent. On chasse l'air de la boule du tube gradué par une nouvelle succion.

Si la solution de potasse cessait de mousser dans la cloche graduée, on en fait monter un peu au moyen d'une pipette courbe.

Pour empêcher une absorption du liquide de la cuve à eau, par suite d'un refroidissement intempestif du ballon, M. le professeur de Coninck emploie un tube de dégagement du gaz très élevé, au moins 80 centimètres dans la branche verticale du bouchon. L'extrémité sous la cloche à gaz plonge dans du mercure; de cette façon,

l'absorption devient impossible, le mercure ne pouvant monter dans la branche oblique à une hauteur plus grande que la pression atmosphérique.

La mesure du gaz se fait à la façon ordinaire; on ramène à 0° sous 760 mm. par la formule

$$Vo = Vt \frac{P - p}{760} \times \frac{1}{1 + 0{,}003663\ t}.$$

Vo = volume réduit à 0° sous 760 mm.
Vt = volume lu à la température t.
P = pression atmosphérique actuelle corrigée.
p = tension de la vapeur d'eau à t°.
t = température du gaz.

On aura soin de corriger la hauteur barométrique.

Les tableaux suivants donnent tous les éléments des corrections à faire (on ramène toutes les mesures à ce qu'elles seraient à 0° sous la pression de 760 mm. et à l'état de siccité; c'est l'état normal) :

1° *Pression.* = La loi de Mariotte donne $Vo = \frac{V \cdot Po}{760}$.

Vo = volume à 0°.
V = volume lu sous la pression P réduite à 0° (soit Po).

2° *Température.* $Vo = \frac{Vt}{1 + 0{,}003665\ t}$.

Vo = volume à 0°.
Vt = volume lu à t°.

3° *Humidité.* — Un gaz, pour se saturer dans les mêmes circonstances, prend toujours la même quantité d'eau à l'état de vapeur. Cette vapeur possède une tension donnée par les tables qui vaut P en mm. de mercure réduit à 0°.

L'ensemble des corrections est traduit par

$$Vo = \frac{Vt(Po - p)}{760(1 + 0{,}003663\ t)}.$$

La pression barométrique P lue à la température T' (celle marquée par le thermomètre du baromètre) doit être réduite à 0°.

La réduction à faire est donnée par la formule

$$C = \frac{(a - b)\,T'}{1 + CT'}\,h \quad \text{(h, hauteur du mercure)}$$

où a représente le coefficient moyen de dilatation du mercure.

$a = 0{,}00018018.$

$b = 0{,}0000184$ (coefficient de dilatation du laiton).

$$C = \frac{0{,}000162\ T'}{1 + 0{,}00018T'}\,h.$$

Pour $T' = 21°$ et $h = 740$, il vient $C = 2^{mm}5$ à retrancher.

On fait souvent cette réduction directement par la formule

$$H = \frac{H'}{1 + 0{,}00018\ t}.$$

405. Table n° 1. — Hauteur à retrancher de la hauteur observée avec un baromètre, gradué sur verre pour la réduire à zéro *(Bunsen)*.

(CORRECTION ADDITIVE POUR LES DEGRÉS NÉGATIFS.)

H =	700	705	710	715	720	725	730	735	740
t = 1	α = 0,120	0,121	0,121	0,122	0,123	0,124	0,125	0,126	0,127
2	0,240	0,241	0,243	0,245	0,246	0,248	0,250	0,252	0,258
3	0,359	0,362	0,364	0,367	0,370	0,372	0,375	0,377	0,380
4	0,479	0,483	0,486	0,489	0,493	0,496	0,500	0,503	0,506
5	0,599	0,603	0,607	0,612	0,615	0,620	0,626	0,629	0,633
6	0,719	0,724	0,729	0,734	0,739	0,744	0,749	0,755	0,760
7	0,838	0,844	0,850	0,856	0,862	0,868	0,874	0,880	0,886
8	0,958	0,965	0,972	0,979	0,986	0,992	0,999	1,006	1,013
9	1,078	1,076	1,093	1,101	1,109	1,116	1,124	1,132	1,140
10	1,198	1,206	1,215	1,223	1,232	1,240	1,249	1,258	1,266

H =	745	750	755	760	765	770	775	780
t = 1	α = 0,127	0,128	0,129	0,130	0,131	0,132	0,133	0,133
2	0,255	0,257	0,258	0,260	0,262	0,263	0,265	0,267
3	0,382	0,385	0,388	0,390	0,393	0,395	0,398	0,400
4	0,510	0,513	0,517	0,520	0,524	0,527	0,530	0,534
5	0,637	0,642	0,646	0,650	0,654	0,659	0,663	0,667
6	0,765	0,770	0,775	0,780	0,785	0,790	0,796	0,801
7	0,892	0,898	0,904	0,910	0,916	0,922	0,928	0,934
8	1,020	1,027	1,033	1,040	1,047	1,054	1,061	1,068
9	1,147	1,155	1,163	1,170	1,178	1,186	1,193	1,201
10	1,275	1,283	1,292	1,300	1,309	1,317	1,326	1,335

H = hauteur observée.
α = hauteur à retrancher pour t degrés.

Tableau n° 2. — Tension de la vapeur d'eau en millimètres de mercure (Regnault).

TEMPÉR.	TENSION	TEMPÉR.	TENSION	TEMPÉR.	TENSION	TEMPÉR.	TENSION	VALEUR EN ATMOSPH.
— 30°	0,39	21°	18,5	94°	610,4	105°	907	1,20
— 25	0,61	22	19,7	94,5	522,2	107	972	1,28
— 20	0,9	23	20,9	95	633,8	110	1077	1,40
— 15	1,44	24	22,7	95,5	645,7	115	1273	1,66
— 10	2,15	25	23,6	96	657,5	120	1491	1.96
— 5	3,16	26	25	96,5	669,7	125	1744	2,30
— 2	4	27	26,6	97	682	130	2030	2,67
— 1	4,3	28	28,1	97,5	694,6	135	2354	3,10
— 0	4,6	29	29,8	98	707,3	140	2717	3,57
+ 1	4,95	30	31,6	98,5	721,2	145	3125	4,1
2	5,3	35	41,9	99	732,2	150	3581	4,7
3	5,7	40	55	99,1	735,9	155	4088	5,3
4	6,1	45	71,5	99,2	738,5	160	4551	6,1
5	6,5	50	92	99,3	741,2	165	5274	6,9
6	7	55	117,5	99,4	743,8	170	5961	7,8
7	7,5	60	148	99,5	746,5	175	6717	8,8
8	8	65	186	99,6	749,2	180	7547	9,9
9	8,6	70	232	99,7	751,9	185	8453	11,1
10	9,1	75	287	99,8	754,6	190	9443	12,4
11	9,7	80	354	99,9	757,3	195	10520	13,9
12	10,4	85	432	100	760	200	11689	15,4
13	11,1	90	525,4	100,1	762,7	205	12956	17,5
14	11,9	90,5	535,5	100,2	765,5	210	14325	18,8
15	12,7	91	545,8	100,4	772	215	15801	20,8
16	13,5	91,5	556,2	100,6	767,5	220	17390	22,9
17	14,4	92	566,8	101	787	225	19097	25,3
18	15,3	92,5	577,3	102	816	230	20926	27,5
19	16,3	93	588,4	103	845			
20	17,4	93,5	599,5	104	876			

Degrés :	120	134	144	152	159	171	180	199	213	225
Atmosphères :	2	3	4	5	6	8	10	15	20	25

Table n° 3. — Volumes des gaz à diverses pressions ramenés à la pression de 76.

VOLUMES OBSERVÉS A LA PRESSION P	P = 71 VOLUMES A 0,76	P = 72 VOLUMES A 0,76	P = 73 VOLUMES A 0,76	P = 74 VOLUMES A 0,76	P = 75 VOLUMES A 0,76	P = 77 VOLUMES A 0,76
11	10,28	10,42	10,57	10,71	10,85	11,14
12	11,21	11,37	11,53	11,68	11,84	12,16
13	12,14	12,31	12,42	12,66	12,83	13,17
14	13,08	13,26	13,45	13,63	13,82	14,17
15	14,02	14,21	14,41	14,60	14,81	15,19
16	14,95	15,15	15,37	15,58	15,79	16,21
17	15,88	16,10	16,33	16,55	16,78	17,22
18	16,82	17,05	17,29	17,52	17,77	18,23
19	17,76	18,00	18,25	18,50	18,75	19,25
20	18,68	18,25	19,21	19,47	19,74	20,26
21	19,62	19,90	20,17	20,44	20,72	21,27
22	20,25	20,84	21,13	21,42	21,71	22,28
23	21,49	21,79	22,09	22,39	22,70	23,30
24	22,43	22,74	23,05	23,36	23,69	24,41
25	23,35	23,69	24,01	24,34	24,67	25,32
26	24,29	24,64	24,97	25,31	25,66	26,34
27	25,23	25,58	25,93	26,28	26,65	27,35
28	26,16	26,53	26,89	27,26	27,63	28,36
29	27,10	27,48	27,85	28,23	28,62	29,37
30	28,03	28,42	28,82	29,21	29,60	30,39
31	28,97	29,37	29,76	30,18	30,59	31,41
32	29,90	30,32	30,74	31,15	31,58	32,43
33	30,83	31,26	31,70	32,13	32,56	33.43
34	31,77	32,21	32,56	33,10	33,55	34,45
35	32,71	33,16	33,62	34,70	34,54	35,46
36	33,64	34,10	34,58	35,05	35,52	36,47
37	34,57	35,05	35,54	36,02	36,51	37,49
38	35,50	36.00	36,50	37,00	37,50	38,50
39	36,44	36,95	37,47	37,97	38,49	39,51
40	37,38	37,89	38,42	38,95	39,47	40,52
41	38,31	38,84	39,38	39,92	40,46	41,54
42	39,13	39,79	40,34	40,89	41,44	42,55
43	40,18	40,73	41,30	41,86	42,43	43,56
44	41,11	41,68	42,27	42,84	43,42	44,58
45	42,05	42,63	43,22	43,81	44,46	45,59
46	42,98	42,58	44,18	44,78	45,39	46,50
47	43,91	44,52	45,15	45,76	46,38	47,61
48	44,84	45,47	46,10	46,73	47,36	48,63
49	45,78	46,42	47,06	47,70	48,35	49,64
50	46,72	47,36	48,03	48,68	49,34	50,66
51	47,65	48,31	48,99	49,65	50,33	51,62
52	48,58	49,26	49,96	50,63	51,32	52,68
53	49,52	50,21	50,91	51,60	52,30	53,70
54	50,45	51,15	51,87	52,58	53,29	54,72
55	51,38	52,10	52,83	53,55	54,28	55,73
56	52,32	53,05	53,79	54,52	55,26	56,74
57	53,25	54,00	54,75	55,50	56,25	57,76
58	54,19	54,94	55,71	56,47	57,24	58,77

VOLUMES OBSERVES A LA PRESSION P	P = 71 VOLUMES A 0,76	P = 72 VOLRMES A 0,76	P = 73 VOLUMES A 0,76	P = 74 VOLUMES A 0,76	P = 75 VOLUMES A 0,76	P = 77 VOLUMES A 0,76
59	55,13	55,89	56,67	57,44	58,22	59,78
60	56,07	56,84	57,63	58,42	59,21	60,79
61	57,00	57,79	58,59	59,39	60,20	61,81
62	57,93	58,74	59,55	60,36	61,19	62,82
63	58,87	59,68	60,51	61,34	62,17	63,84
64	59,80	60,63	61,47	62,32	63,16	64,85
65	60,74	61,58	62,43	63,28	64,65	65,86
66	61,67	62,52	63,39	64,26	65,13	66,88
67	62,60	63,47	64,35	65,23	66.12	67,89
68	63,54	64,42	65,31	66,20	67,10	68,90
69	64,47	65,37	66,27	67,18	68,09	69,91
70	65,40	66,32	67,24	68,16	69,08	70,92
71	66,34	67,26	68,20	69,13	70,07	71,94
72	67,27	68,21	69,16	70,11	71,05	72,95
73	68,20	69,16	70,12	71,08	72,04	73,97
74	69,11	70,11	71,08	72,05	73,03	74,98
75	70,07	71,05	72,04	73,05	74,01	75,99
76	71,01	72,00	73,00	74,00	75,00	77,01
77	71,94	72,95	73,96	74,97	75,99	78,02
78	72,87	73,89	74,92	75,95	76,97	79,03
79	73,80	74,84	75,88	76,92	77,96	80,04
80	74,74	75,78	76,84	77,90	78,94	81,06
81	75,67	76,74	77,80	78,87	79,93	82,07
82	76,60	77,68	78,76	79,84	80,92	83,09
83	77,54	78,63	79,72	80,82	81,91	84,10
84	78,47	79,57	80,68	81,79	82,90	85,11
85	79,41	80,53	81,64	82,76	33,88	86,13
86	80,34	81,47	82,60	83,73	84,81	87,14
87	81,28	82,42	83,56	84,87	85,85	88,15
88	82,21	83,36	84,52	85,68	86,84	89,17
89	83,15	84,31	85,48	86,66	87,82	90,18
90	84,09	85,26	86,45	87,63	88,81	91,19
91	85,02	86,21	87,41	88,61	89,80	92,21
92	85,95	87,16	88,37	89,58	90,79	93,22
93	86,89	88,11	89,33	90,55	91,77	94,23
94	87,82	89,95	90,29	91,52	92,76	95,24
95	88,76	90,00	91,25	92,50	93,74	96,26
96	89,69	90,95	92,21	93,57	94,73	97,27
97	90,62	91,89	93,17	94,45	95,72	98,29
98	91,56	92,84	94,13	95,42	96,70	99,30
99	92,49	93,79	95,09	96,39	97,69	100,31
100	93,42	94,74	96,05	97,37	98,68	101,32

Table n° 4. — Volumes des gaz à diverses températures ramenés à zéro.

VOLUMES OBSERVÉS A t°.	t° = 12° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 14° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 16° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 18° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 20° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 22° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 24° VOLUMES A ZÉRO.
11	10,53	10,46	10,39	10,32	10,25	10,18	10,11
12	11,49	11,42	11,38	11,26	11,10	11,11	11,03
13	12,45	12,36	12,28	12,20	12,11	12,03	11,95
14	13,41	13,31	13,23	13,13	13,04	13,96	12,87
15	14,37	14,27	14,17	14,07	13,97	14,88	13,79
16	15,32	15,22	15,11	15,01	14,91	15,81	14,71
17	16,28	16,17	16,06	15,95	15,84	16,73	15,63
18	17,24	17,12	17,00	16,89	16,76	17,66	16,55
19	18,20	18,07	17,95	17,83	17,70	18,58	17,47
20	19,16	19,03	18,89	18,76	18,64	19,51	18,39
21	20,12	19,98	19,84	19,74	19,57	20,43	19,31
22	21,08	20,93	20,78	20,64	20,50	21,36	20,23
23	22,03	21,88	21,73	21,58	21,43	22,29	21,15
24	22,99	22,83	22,67	22,51	22,37	22,21	22,07
25	23,95	23,78	23,61	23,45	23,30	23,15	22,99
26	24,91	24,73	24,56	24,39	24,23	24,06	23,91
27	25,87	25,69	25,50	25,33	25,15	24,99	24,83
28	26,82	26,64	26,45	26,27	26,09	25,91	25,74
29	27,78	27,59	27,39	27,20	27,02	26,84	26,67
30	28,74	28,54	28,34	28,15	27,95	27,77	27,58
31	29,70	29,49	29,28	29,09	28,87	28,70	28,50
32	30,66	30,44	30,23	30,03	29,81	29,62	29,42
33	31,61	31,39	31,17	30,97	30,74	30,55	30,34
34	32,57	32,24	32,12	31,90	31,68	31,47	31,26
35	33,53	33,30	33,06	32,83	32,61	32,40	32,18
36	34,49	34,24	34,01	33,78	33,54	33,32	33,10
37	35,45	35,20	34,95	34,72	34,47	34,25	34,02
38	36,40	36,15	35,90	35,66	35,40	35,17	34,93
39	37,36	37,10	36,84	36,59	36,34	36,10	35,85
40	38,32	38,05	37,79	37,53	37,27	37,02	36,77
41	39,28	39,00	38,73	38,47	38,20	37,95	37,69
42	40,24	39,95	39,68	39,41	39,13	38,87	38,61
43	41,19	40,90	40,62	40,35	40,07	39,80	39,53
44	42,15	41,86	41,57	41,28	41,00	40,72	40,45
45	43,11	42,81	42,51	42,22	41,93	41,65	41,37
46	44,07	43,76	43,46	43,16	42,86	42,57	42,29
47	45,03	44,71	44,40	44,10	43,79	43,50	43,21
48	45,98	45,66	45,35	45,04	44,72	44,42	44,12
49	46,94	46,61	46,30	45,97	45,65	45,35	45,04
50	47,90	47,57	47,24	46,91	46,59	46,28	45,97
51	48,86	48,52	48,18	47,85	47,52	47,20	46,89
52	49,82	49,47	49,13	48,79	48,45	48,13	47,81
53	50,77	50,41	50,07	49,72	49,38	49,06	48,73
54	51,01	51,37	51,02	50,66	49,32	49,98	49,65
55	52,87	52,33	52,96	51,60	50,25	50,91	50,57
56	53,63	53,28	53,91	52,54	51,18	51,83	51,49
57	54,61	54,23	53,86	53,48	53,11	52,76	52,41

VOLUMES OBSERVÉS A t°.	t° = 12° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 14° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 16° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 18° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 20° VOLUMES A ZÉRO.	t° = 22° VOLUMES A ZÉRO	t° = 24° VOLUMES A ZÉRO.
58	55,56	55,18	54,80	54,42	54,04	53,68	53,32
59	56,52	56,13	55,74	55,35	54,97	54,61	54,24
60	57,47	57,08	56,68	56,29	55,91	55,53	55,16
61	58,43	58,03	57,63	57,23	56,84	56,46	56,08
62	59,39	58,98	58,57	58,17	57,77	57,38	57,00
63	60,35	59,93	59,52	59,11	58,71	58,31	57,92
64	61,31	60,88	60,46	60,04	59,64	59,23	58,84
65	62,26	61,84	61,40	60,97	60,57	60,16	59,76
66	63,22	62,79	62,35	61,92	61,50	61,08	60,68
67	64,18	63,74	63,29	62,86	62,43	62,01	61,60
68	65,13	64,69	64,23	63,80	63,36	62,93	62,51
69	66,09	65,64	65,18	64,73	64,30	63,86	63,43
70	67,05	66,59	66,13	65,67	65,23	64,79	64,35
71	68,01	67,54	67,07	66,61	66,16	65,71	65,27
72	68,97	68,49	68,02	67,55	67,09	66,64	66,19
73	69,92	69,44	68,96	68,49	68,09	67,57	67,11
74	70,88	70,40	69,91	69,42	68,96	68,49	68,03
75	71,84	71,35	70,85	70,37	69,89	69,49	68,95
76	72,80	72,30	71,80	71,30	70,82	70,34	69,87
77	73,76	73,25	72,74	72,24	71,75	71,27	70,79
78	74,71	74,20	73,69	73,18	72,68	72,19	71,70
79	75,67	75,15	74,63	74,11	73,61	73,12	72,62
80	76,60	76,10	75,58	75,06	74,54	74,04	73,54
81	77,59	77,05	76,52	76,00	75,47	74,97	74,46
82	78,55	78,00	77,47	76,94	76,40	75,89	75,38
83	79,50	78,95	78,41	77,87	77,34	76,82	76,30
84	80,46	79,91	79,35	78,81	78,27	77,74	77,22
85	81,42	80,86	80,30	79,75	79,20	78,67	78,14
86	82,38	81,81	81,24	80,69	80,13	79,59	79,06
87	83,33	82,76	82,19	81,63	81,06	80,52	79,98
88	84,29	83,71	83,13	82,57	81,99	81,44	80,90
89	85,25	84,66	84,08	83,50	82,93	82,37	81,82
90	86,21	85,62	85,02	84,44	83,86	83,30	82,74
91	87,17	86,57	85,96	85,38	84,79	84,22	83,66
92	88,13	87,52	86,91	86,32	85,72	85,15	84,58
93	89,00	88,47	87,85	87,25	86,66	86,08	85,50
94	90,04	89,42	88,80	88,19	87,59	87,00	86,42
95	91,08	90,38	89,74	89,13	88,52	87,93	87,34
96	91,96	91,33	90,69	90,07	89,45	88,85	88,28
97	92,92	92,28	91,63	91,00	90,38	89,78	89,18
98	93,87	93,23	92,58	91,31	91,94	90,70	90,09
99	94,83	94,18	93,52	92,88	92,24	91,63	91,01
100	95,79	95,13	94,47	93,82	93,18	92,55	92,93

Supposons que l'on ait trouvé un volume de 79 cc.; la pression barométrique observée est de 758 mm. et la température du gaz (eau de l'éprouvette) est 16° c. La température de l'air est 22° c. On déduit d'abord la hauteur barométrique à 0° c. (Table n° 1).

Pour 755 mm. à 1° : $\alpha = 0{,}129$ ou à 22° : $0{,}129 \times 22 = 2{,}838$.

" 760 mm. à 1° : $\alpha = 0{,}130$ ou à 22° : $0{,}130 \times 22 = 2{,}860$.

Et pour 758 mm. à 22° on obtient par interpolation : $\alpha = 2,851$.

La hauteur réduite est donc 758 — 2,851 = 755,149.

On déduit la tension de la vapeur d'eau à la température de 16° : = 13,5 mm. (Table n° 2).

Donc on a : 755,149 — 13,5 = 741,649.

On ramène le volume de 79 cc. qui est à la pression de 741,649 à la pression de 760 par la table n° 3.

On lit : volume 79 à P = 740 = 76,92 à 0,76.
volume 79 à P = 750 = 77,96 à 0,76. Différence : 1,04.

Donc : volume 79 à P = 741,649 = 76,92 + $\frac{1.04 \times 1.649}{10}$ = 77,09.

Ce volume 77,09 à 16° c. est réduit à 0° par la table n° 4 : on voit volume 77 à 16° = 72,73 à 0°, volume 78 à 16° = 73,66, d'où par un simple calcul on a : volume 77,09 à 16° = 72,825 à 0°.

En supposant que ce volume final ait été donné par 0gr4 de coton-poudre : 1 gramme de celui-ci eût titré : 182,06 cc. Ce coton-poudre serait un coton-poudre incomplètement nitré.

Nous rappelons que les différents coton-poudres donnent :

Cellulose endécanitrique	$n = 11$	214 cc. au gramme.	
" décanitrique	$n = 10$	203	"
" ennéanitrique	$n = 9$	190	"
" octonitrique	$n = 8$	178	"
" heptanitrique	$n = 7$	162	"
" hexanitrique	$n = 6$	146	"
" pentanitrique	$n = 5$	128	"
" tétranitrique	$n = 4$	108	"

406. Méthode de Lunge (Méthode Crum Francklandt). — On sait que les azotates mis en présence d'acide sulfurique et de mercure dégagent du NO :

$$4SO^4H^2 + 8NO^3K = 4SO^4K^2 + 8NO^3H$$
$$8NO^3H + 3Hg = 3(NO^3)^2Hg + 4H^2O + 2NO.$$

Lunge a imaginé un nitromètre qui permet de mesurer facilement le volume gazeux mis en liberté. Il se compose dans ses parties essentielles d'un tube gradué en centimètres cubes et en

mes. A la partie supérieure de ce tube est une boule sur-
ée d'un entonnoir cylindrique qui est muni d'un robinet
é d'un premier canal qui met en relation le tube gradué et
onnoir et d'un second canal recourbé qui permet de faire
ler latéralement les liquides de l'entonnoir afin de le vider
incliner l'appareil. La partie inférieure du tube est rétrécie
orme de cylindre cannelé pour recevoir un tube mince en
tchouc très solide. La seconde partie de l'appareil est un
le tube cylindrique en verre de la même longueur et du même
ètre que l'autre, il n'est pas gradué et porte à sa partie infé-
e un rétrécissement cylindrique cannelé qui reçoit l'autre bout
ube en caoutchouc. Les deux tubes de verre communiquent
l'un avec l'autre; ils sont placés verticalement et maintenus
un support à deux pinces; ils peuvent, grâce au tube de
tchouc, glisser indépendamment l'un de l'autre dans le sens
cal.

rsqu'on veut faire une opération, on lève le tube non gradué
u'à ce que sa partie inférieure soit un peu plus haute que le
net de l'entonnoir. Celui-ci étant ouvert, on verse dans le tube
du mercure jusqu'à ce que celui-ci pénètre dans l'entonnoir;
erme le robinet et le mercure en excès est évacué par le canal
al. On abaisse alors le tube non gradué de façon que le niveau
nercure qu'il contient soit un peu plus bas que le robinet; il
rme ainsi dans le tube gradué une tendance à une dépression
iquide.

n introduit dans le robinet 400 mmg. de coton-poudre, puis
c. d'acide sulfurique concentré. Dès que la dissolution est
plète on ouvre le robinet avec précaution de manière à intro-
e l'acide dans le tube gradué en ayant soin de ne laisser
er aucune bulle d'air; on ferme vivement le robinet avant que
le liquide n'ait passé. On rince le robinet avec de l'acide
urique qu'on introduit de nouveau dans le tube gradué. La réac-
commence aussitôt; on prend dans les mains le tube à boule et
gite pour mettre en contact l'acide avec le mercure.

orsque la réaction est terminée, on place les deux tubes vertica-

lement l'un à côté de l'autre et on établit l'équilibre atmosphérique. La densité du mercure vaut 7 fois celle de l'acide sulfurique concentré; on fera donc la lecture de la hauteur de la colonne acide et, par le maniement du tube non gradué, on fera en sorte que le niveau du mercure de ce tube soit plus élevé que le niveau du mercure dans le tube gradué du 1/7 de la hauteur de la colonne acide.

Tout l'appareil étant revenu à la température ambiante, on fait la lecture du volume gazeux.

Si V est la lecture, B la pression atmosphérique corrigée, t la température ambiante, on a

$$V_1 = \frac{VB}{760(1 + 0{,}003663\ t)}.$$

Si l'on représente $760\ (1 + 0{,}003665\ t) = \Delta$, le poids en grammes de l'échantillon analysé $= p$ et si l'on tient compte de ce que 1 cc. NO renferme $0^{gr}6272$ d'azote, la proportion centésimale de ce gaz contenue dans la nitrocellulose analysée sera

$$x = \frac{100\ VB \times 0{,}6272}{p\Delta}.$$

Supposons $V = 114{,}6$
$B = 750$
$p = 0{,}6$
$t = 15^{\circ}$
On a $\Delta = 801{,}781$

$$x = \frac{100 \times 114{,}6 \times 750 \times 0{,}6272}{0{,}6 \times 801{,}781} = 11{,}22\ \%\ \text{d'azote.}$$

Dans le cas de la nitroglycérine, on traite $0^{gr}1$ à $0^{gr}28$.

Si $V = 32{,}5$
$B = 761$
$p = 0{,}1048$
$t = 15$

$$x = \frac{100 \times 32{,}5 \times 761 \times 0{,}6272}{0{,}1048 \times 801{,}781} = 18{,}46\ \%\ N.$$

La proportion théorique $= 18{,}50\ \%\ N$.

Pour doser les composés de l'azote, il suffira de multiplier la valeur de x par un coefficient qui variera suivant la quantité de ce gaz qu'ils renferment.

La table ci-dessous indique les poids qui correspondent à la température de 0° et sous la pression de 760 mm. aux volumes de NO qui se trouvent dans la première colonne. L'un ou l'autre des nombres, qui constituent la première ligne horizontale, devra remplacer le dernier des facteurs du numérateur dans l'expression donnant la valeur de x d'après le composé que l'on désire doser.

VOLUMES EN NO EN C³	POIDS CORRESPONDANT EN MILLIGRAMMES						
	N	NO	NO^2	NO^3H	NO^3K	NO^3Na	NITROGLYCÉRINE
1	0,627	1,343	2,060	2,820	4,523	3,807	3,389
2	1,254	2,686	4,120	5,640	9,046	7,614	6,778
3	1,881	4,029	6,180	8,460	13,569	11,421	10,167
4	2,508	5,372	8,240	11,280	18,092	15,228	13,556
5	3,135	6,715	10,300	14,100	22,615	19,035	16,945
6	3,762	8,058	12,360	16,920	27,138	22,842	20,334
7	4,389	9,401	14,420	19,740	31,661	26,649	23,723
8	5,016	10,744	16,480	22,560	36,184	30,456	27,112
9	5,643	12,087	18,540	25,380	40,707	34,263	30,501

407. Proportions centésimales d'azote et de NO^2 contenus dans les corps suivants, °/₀ en poids. —

	N	NO^2
Nitroglycérine	18,50	60,70
Cellulose dodécanitrique.	14,14	46,42
" décanitrique .	11,11	36,50
Mononitrobenzine . . .	11,38	37,39
Binitrobenzine	16,67	54,77
Trinitrobenzine	19,24	63,22
Nitrotoluène.	10,21	33,49
Nitronaphtaline. . . .	8,09	26,53

Dinitronaphtaline . . .	12,84	42,12
Nitromannite	23,59	77,37
Nitroamidon.	6,76	22,18
Acide picrique	18,34	60,15
Nitrate Am	35,00	—
„ Na	16,47	—
„ K.	13,86	—
„ Ba	10,72	—
Acide nitrique	22,22	73,20

408. — Au lieu de rétablir la pression atmosphérique com précédemment, ce qui demande certains tâtonnements, on p mettre à la même hauteur le ménisque de l'acide du tube gra et celui du mercure dans le tube à côté. Dans ce cas, le gaz comprimé sous une pression mercurielle égale aux 6/7 de la haut de la colonne acide.

Soit la colonne acide d'une hauteur de 200 mm., la pres mercurielle sera de $200 \times \frac{6}{7} = 171^{mm}43$; la pression que subi gaz sera 171,43 + 746,5 (pression atm. actuelle) = 918, s $t = 19^{\circ}$, par exemple.

La réduction à 0° donne :

$$H_0 = \frac{H}{1 + Kt} = \frac{918}{1 + 0,00018 \times 19} = 914 \text{ mm.}$$

$$V = \frac{117 \times 914}{760(1 + 0,003665 \times 19)} = 131 \text{ cc.}$$

pour 650 mmg. de CP, ce qui fait $202^{cc}3$ NO pour 1 gramme.

Soit $202,3 \times 0,627 = 13,68$ % d'azote.

409. Dosage de l'azote par le procédé Kjeldahl. — Le chir danois Kjeldahl a publié, en 1883, un procédé de dosage qui pe de déterminer l'azote des combinaisons organiques sous f d'ammoniaque par la voie humide.

Ce procédé très simple est universellement employé.

Kjeldahl oxyde les matières azotées au moyen de l'acide : rique concentré bouillant et du permanganate de potassium.

Tout l'azote est transformé en sulfate d'ammoniaque dont l'ammo-
iaque pourra être mis en liberté en saturant la liqueur par un
xcès de soude ou de potasse et pourra être dosée en la recueillant
ar distillation dans l'acide sulfurique titré.

Cette méthode a été appliquée au dosage de l'azote des explosifs
itrés, surtout de la série aromatique par la modification Joldbauer.

410. Dosage de l'azote (méthode Kjeldahl, modification Joldbauer).
- Note de M. Chenel *(Mémorial des poudres et salpêtres,* t. 8).

$0^{gr}5$ de substance finement pulvérisée sont traités par 30 cc.
O^4H^2, dans lesquels on a fait dissoudre $1^{gr}2$ d'acide phénique et
$^{gr}4$ d'anhydride phosphorique. On laisse digérer à froid en agitant
équemment jusqu'à dissolution complète. On réduit ensuite en
outant graduellement de 3 à 4 gr. de poudre de zinc ordinaire.
importe de maintenir le ballon dans un bain froid pendant cette
action, afin d'éviter l'échauffement, surtout s'il y a du chlore.
a réduction demande de 1 1/2 à 2 heures.

On ajoute ensuite $0^{gr}7$ de mercure et l'on continue comme pour
procédé de Kjeldahl.

Au moment de la dissolution du nitrate dans le mélange acide,
groupe NO^2 se fixe sur le phénol à l'état de mononitrophénol, qui
st réduit par le zinc en dérivé amidé, et pendant la combustion
azote de l'amidophénol est fixé à l'état d'ammoniaque.

M. Chenel fait observer que les réactions successives sont
omplètes, mais il importe que le phénol soit nitrifié au 1er degré.

En effet, $0^{gr}5$ de mononitrophénol dissous dans 30 cc. de SO^4H^2
ur, réduits par 3 gr. de zinc en poudre et brûlés avec $0^{gr}7$ de
ercure, ont donné pour taux d'azote 10,03 %, le taux théorique
tant 10,07 ; écart, 1/250.

Il n'en est plus de même si l'on tente la réduction de la
ssolution sulfurique du trinotrophénol. Le taux d'azote théorique
l'acide picrique = 18,34 %; on a trouvé 16,23 et 16,46 %.

La modification Joldbauer du procédé Kjeldahl appliquée aux
trates métalliques, aux nitrates des ammoniaques composées, aux
hers nitriques et aux dérivés nitrés et nitroamidés de la série
omatique, a donné avec précision le taux d'azote total toutes les

fois que la substance examinée s'est dissoute complètement à froid dans le mélange sulfurique en donnant une liqueur limpide.

Peu de corps résistent. M. Chenel n'a éprouvé des difficultés qu'avec les naphtalines tri- et tétranitrées.

La réduction préalable des nitronaphtalines en naphtylamines a permis de rentrer dans la voie suivie jusque-là et d'obtenir des résultats exacts.

A une dissolution de 2 gr. de phosphore dans 15 cc. ou 20 cc. CS^2 faite dans un ballon de 250 cc., on ajoute progressivement 12 gr. d'iode. On évapore au bain-marie bouillant en tournant le ballon. L'iodure de phosphore se dépose sous forme d'enduit; on le chauffe encore 4 à 5′ pour chasser tout CS^2. Après refroidissement et sous l'influence de l'air humide, l'iodure se détache et on le brise en petits fragments par agitation du ballon.

La pesée $0^{gr}5$ ou $0^{gr}6$, faite sur une main longue et étroite, est versée dans le ballon, en évitant de laisser tomber la substance sur les parois du col et l'on ajoute 8 gr. d'eau.

Tenant alors le ballon avec des pinces, on le tourne deux ou trois fois pour mouiller toutes les parcelles; après quelques secondes, la réaction s'amorce et devient très vive. A ce moment, on agite.

Moins d'une minute après l'addition d'eau, la réaction est terminée et l'on a quelques cc. d'une dissolution acide d'iodhydrate de naphtylamine qui ne tarde pas à cristalliser. On laisse refroidir, puis on verse dans le ballon, maintenu froid, et par petites portions, 25 cc. SO^4H^2 à 66° et $0^{gr}7$ de mercure mesurés à la pipette capillaire. Le ballon incliné est chauffé doucement, mais après le départ de l'iode, on amène le liquide à l'ébullition, comme pour la méthode de Kjeldahl.

On se débarrasse de l'iodure de phosphonium qui se condense dans le col du ballon en donnant, vers la fin de la combustion, assez de feu pour que les vapeurs acides échauffent le verre, opération très courte si on n'a laissé au ballon que 6-7 cm. de col.

La liqueur est parfaitement décolorée lorsque la combustion est terminée.

Les dérivés nitrés de la série aromatique sont également susceptibles d'analyse par la même réaction.

Mode opératoire. — On dissout 160 gr. d'acide phénique à 39°-40° dans 2 litres SO^4H^2 froid et maintenu froid; d'autre part, 54 gr. d'anhydride phosphorique dans 2 litres d'acide sulfurique et l'on mélange les deux solutions.

0gr7 CP sont traités dans un ballon de 200 cc. par 30 cc. du mélange phospho-phéno-sulfurique; on agite doucement et souvent jusqu'à dissolution complète (10').

La liqueur étant limpide, on ajoute peu à peu en rafraîchissant de 3-4 gr. de poudre de zinc ordinaire tamisée à la gaze de soie n° 12.

On laisse reposer dans un bain froid 2 heures environ. On ajoute 0gr7 de mercure, en se servant d'un tube capillaire sur lequel on a marqué de 2 traits la longueur qui donne ce poids.

On chauffe sur un bec Bunsen, d'abord lentement et en tournant le ballon de temps en temps; on augmente le feu pour arriver à une douce ébullition. Au début du chauffage, le magma se liquéfie et noircit en dégageant beaucoup de SO^2; à son tour, la liqueur passe au rouge brun, puis s'éclaircit rapidement. La combustion est complète lorsque le liquide qui surnage est décoloré ou n'a plus qu'une teinte crême très faible. Elle exige 1 1/2 heure. On laisse refroidir, puis on verse de l'eau sur le résidu pour le désagréger et le dissoudre.

La dissolution laiteuse est versée dans le ballon de 1,5 l. de l'appareil Schloesing pour le dosage de l'ammoniaque, dans lequel on a mis quelques grains de ponce pour régulariser l'ébullition. On y ajoute une solution NaHO jusqu'à forte réaction alcaline, puis une dissolution froide de sulfure Na jusqu'à ce qu'une goutte fasse une tache noire sur du papier à l'acétate Pb. On remplit le ballon aux 3/4 avec de l'eau et on distille.

La distillation est menée lentement : une goutte toutes les 5-6", on continue jusqu'à ce qu'une goutte ne donne plus rien sur le papier de tournesol sensible ($1\frac{1}{2}$ heure).

Le produit de la distillation est recueilli dans 10 cc. d'une liqueur titrée très exactement et contenant environ 45 gr., SO^4H^2 monohydraté par litre.

La liqueur alcaline titrée correspondante doit contenir par litre à peu près 15 gr. KHO exempt de carbonate.

Pour préparer 1 litre de cette liqueur, on fait dissoudre dans une capsule en fer ou en fonte 50 gr. CO^3K^2 pur dans 600 gr. d'eau. Faire bouillir, ajouter 25 gr. de chaux de marbre à l'état de lait dans 200 gr. d'eau. Bouillir 1 heure, remplacer l'eau évaporée. Laisser décanter chaud dans un flacon de 400 gr. complètement rempli. Boucher, laisser refroidir et déposer.

On titre cette lessive qui est environ 3 fois trop forte et on en prend le volume nécessaire pour faire la liqueur convenable. Elle est conservée dans un flacon fermé par un bouchon muni de deux tubes de verre réunis extérieurement par un caoutchouc, ils servent au remplissage de la burette graduée, etc.

Exemple : les liqueurs titrées sont :

1° Liqueur acide : $44^{gr}1$ SO^4H^2 par litre ou $0^{gr}126$ Az pour 10 cc.

2° Liqueur alcaline dont il faut 28 cc. pour saturer 10 cc. de liqueur acide.

La correction à faire pour l'azote des réactifs égale $0^{gr}0005$.

Or, pour $0^{gr}7$ CP on a employé $7^{cc}3$ de potasse. L'ammoniaque engendrée par l'azote du CP a saturé

$$10 - \left(7{,}3 \times \frac{10}{28}\right) = 7^{cc}393 \text{ de liqueur sulfurique}$$

on a

$$\frac{(7{,}393 \times 0{,}0126) - 0{,}0005}{0{,}007} = 13{,}23\ \%\ \text{Az}$$

ou $13{,}23 \times 15{,}96 = 211^{cc}1$ AzO par gramme.

411. Analyse complète des nitrocelluloses.

Dessiccation. — On sèche un poids à l'étuve à 45-50° c. Il ne faut pas dépasser cette température à cause de l'instabilité du corps. Mieux vaut employer le vide sec.

On pèse 10 gr. de la matière, on lave à l'eau chaude sur filtre double jusqu'à ce qu'une goutte de liquide ne laisse aucun résidu; on sèche le produit lavé et on pèse; on a ainsi la quantité soluble dans l'eau.

L'eau de lavage est évaporée dans une capsule tarée; elle renferme des carbonates, nitrates, chlorures; après dessiccation, on pèse. L'analyse est faite par les méthodes usuelles.

Coton-poudre soluble. — Il sera enlevé par l'alcool-éthéré (1 p. alcool absolu + 2 p. éther anhydre) comme il a été indiqué précédemment.

On essayera une partie au nitromètre.

Coton-poudre insoluble. — Le résidu insoluble est repris par une solution bouillante de sulfure sodique qui ne dissout que la cellulose nitrée; on épuise à fond, on lave le résidu jusqu'à la disparition du sulfure, puis à HCl pour enlever le fer que contient toujours le sulfure. On lave à l'eau, on sèche à 100° et on pèse. La perte de poids est le CP insoluble.

En défalquant le poids des cendres, on déduit du poids restant la teneur en cellulose non nitrée.

Exemples d'analyses.

Parties solubles dans l'eau . .	1,52	2,26	1,75	1,86
CP soluble	94,28	95,45	7,80	1,25
CP insoluble	3,92	2,37	90,30	96,87
Cellulose non nitrée	0,27	0,51	0,12	0,09
Silice	0,05	0,15	0,15	0,07
Cendres sur produits lavés . .	1,56	1,40	1,93	1,98
Azote du CP soluble % . . .	10,96	11,93	11,14	11,22
Azote du CP brut %	11,12	11,19	13,70	13,95

412. — D'après Lunge et Weintraub, la méthode classique d'épuisement par le sulfure de soude n'est pas suffisante. Il reste du coton nitré.

Les auteurs emploient une solution alcoolique d'éthylate de sodium qui dissout le CP et pas le coton non nitré. Pour hâter la dissolution, on prépare un mélange d'acétone et d'éthylate de soude dans lequel on plonge le coton-poudre. La décomposition est instantanée et complète. Il se forme un corps brun rouge soluble dans l'eau. Si l'on

sépare par décantation la liqueur claire du précipité rouge brun et si l'on ajoute de l'eau, on obtient une solution rouge brun parfaitement limpide, en supposant, bien entendu, que la nitrocellulose ne contient pas de cellulose non transformée.

Le corps ainsi obtenu est le sel de soude d'un acide organique.

Procédé. — A 100 cc. d'alcool ordinaire, on ajoute peu à peu 2-3 gr. de sodium métallique en petits fragments (ces quantités sont établies pour 5 gr. environ de CP et le sodium y est compté en excès suffisant). Si la liqueur n'est pas absolument limpide, on filtre; on ajoute 100 cc. d'acétone et, sur les 200 cc. de réactif, on prélève 50 cc. destinés à un usage ultérieur.

On verse les 150 cc. restants dans une capsule et on ajoute le CP pesé. On chauffe à 40-50° au bain-marie en agitant, on laisse déposer; au bout de 20-30′ on décante sur filtre la solution brun rouge.

Le précipité est additionné d'alcool pour enlever un produit de condensation de l'acétone sur l'éthylate Na et on décante l'alcool.

Le résidu brun est dissous dans l'eau, on filtre, on lave à l'eau bouillante, puis à l'eau aiguisée de HCl.

Si la proportion de cellulose non transformée est considérable et si l'on ne vise pas une très grande précision, on peut se contenter de ce résultat.

La cellulose ainsi obtenue ne donne généralement pas trace de gaz au nitromètre, mais elle réagit fortement avec la diphénylamine, ce qui indique la présence de traces de nitrocellulose.

Si, au contraire, on désire une plus grande exactitude, ou que la dose de cellulose transformée est faible, on soumet le résidu à un second traitement. On commence par laver le résidu deux fois à l'alcool pour enlever l'eau et on traite par les 50 cc. d'éthylate mis à part; on chauffe à 40-50° pendant 15 minutes. On jette le liquide sur un filtre séché à 100° et pesé. On lave à l'eau bouillante, puis à l'eau chlorhydrique, on finit par de l'eau, on sèche à 100° et on pèse. La cellulose ainsi obtenue ne donne plus qu'une faible réaction avec la diphénylamine.

A l'état humide, cette cellulose est presque blanche. On peut la blanchir en la lavant avec 5 cc. d'une solution renfermant 2 mmg.

de chlorure de chaux pour 100 cc. HCl à 1-3 %. Si on lave ensuite à l'eau pure, la cellulose est blanc de neige.

Avant le dosage, on peut déterminer grossièrement la proportion de cellulose. Un CP complètement soluble dans l'acétone ne peut contenir que des traces de cellulose. Dans ce cas, le dosage est presque inutile. Si la proportion de cellulose atteint 0,85 %, la dissolution dans l'acétone devient plus difficile, la majeure partie de la substance se dissout, mais il reste une certaine quantité de fibres en suspension.

Si la proportion de cellulose s'élève à 5-10 %, une proportion notable de nitrocellulose reste indissoute.

Dosage des cendres. — On mêle 5 gr. CP sec avec un peu de paraffine et on calcine doucement à la température la plus basse possible. les cendres sont mouillées avec une solution de carbonate d'ammonium pour régénérer les carbonates détruits par la chauffe, on calcine vers 200° jusqu'à poids constant.

SECTION III.

Éthers perchloriques.

Au lieu de substituer dans les alcools le radical azotique AzO^2, on peut y introduire le radical perchlorique ClO^3; on obtient ainsi des éthers perchloriques éminemment explosibles, mais leur grande instabilité n'a pas permis de les faire entrer dans la pratique jusqu'aujourd'hui.

413. Acide perchlorique. — ClO^4H.

Pour obtenir cet acide, on distille un mélange de 1 partie de perchlorate de potassium avec 4 parties d'acide sulfurique concentré : la distillation doit cesser lorsque les gouttes qui passent ne se figent plus; on obtient ainsi des cristaux de $ClO^4H + 2H^2O$. Ces cristaux sont chauffés avec prudence dans une cornue; ils se dédoublent à 110° en acide perchlorique ClO^4H qui passe le premier et en $ClO^4H + 2H^2O$ qui suit. On arrête dès qu'il se forme des cristaux dans le col de la cornue. L'opération est très dangereuse.

Propriétés. — C'est un liquide incolore, volatil, répandant à l'air humide des vapeurs épaisses; il se décompose à la lumière, puis finit par détoner. Il fait explosion avec une énorme violence au contact de l'éther et des matières organiques. C'est un agent oxydant extrêmement énergique.

Acide hypochlorique. — Cl^2O^4.

On l'obtient par l'action prudente de l'acide sulfurique concentré sur le chlorate de potassium. Le chlorate doit être sec et exempt de

alorure. Le sel finement pulvérisé est mis dans un vase refroidi par n mélange réfrigérant; on ajoute goutte à goutte de l'acide sulfu-que jusqu'à obtention d'une pâte mi-fluide. On distille quelques inutes après par une chauffe très douce; on fera usage du vide.

Cette opération est extrêmement dangereuse et ne doit se faire ue sur de petites quantités à la fois.

Propriétés. — Gaz jaune foncé verdâtre, liquéfiable par le froid n un liquide rouge foncé; il se décompose par la lumière, à 65° il létone avec une énorme violence, souvent il détone spontanément.

Éther méthyl-perchlorique.

L'alcool méthylique $O\left\{\begin{matrix}CH^3\\H\end{matrix}\right.$ donne l'éther méthyl-perchlorique $O\left\{\begin{matrix}CH^3\\ClO^3\end{matrix}\right.$. On l'obtient en distillant un mélange de perchlorate de potassium et de méthyl-sulfate de baryum ou de calcium.

L'opération est dangereuse.

Le corps se décompose comme suit :

$$CH^3O\ ClO^3 = CO^2 + H^2O + HCl + \tfrac{1}{2}O^2.$$

Il y a mise en liberté d'oxygène comme dans la nitroglycérine et la nitromannite.

Éther éthyl-perchlorique.

$$O\left\{\begin{matrix}C^2H^5\\ClO^3\end{matrix}\right.$$

Perchlorate d'éthyle. — $C^2H^5(ClO^4) = C^2H^4(ClO^4H)$.

On distille un mélange de perchlorate potassique et d'éthyl-sulfate baryum ou de calcium.

D'après Roscœ, on place 10 gr. de chacun des sels cristallisés dans e petite cornue dont le col est recourbé en bas et on chauffe ıtement dans un bain d'huile; on reçoit le produit dans un large

tube qui contient une petite quantité d'eau, mais qu'on ne refroidit pas autrement. Entre 140° et 160°, il distille une assez grande quantité d'une huile incolore plus lourde que l'eau. Vers 170°, il commence à se produire des vapeurs blanches d'acide perchlorique. On arrête l'opération, on obtient ainsi environ 2 centigrammes de produit; on décante la couche aqueuse au moyen d'une pipette, on lave plusieurs fois l'huile avec de l'eau, jusqu'à parfaite neutralisation. On sépare ensuite complètement l'éther perchlorique de l'eau et on le filtre à deux ou trois reprises sur un filtre en papier bien sec pour le dessécher. Dans toutes ces opérations, il faut avoir bien soin d'agiter le moins possible pour éviter les explosions et, même en observant ces précautions, il faut se garantir les mains et le visage au moyen de gants solides et d'un bon masque, muni de verres épais. Le perchlorate d'éthyle est, en effet, un des corps les plus explosifs que l'on connaisse.

Propriétés. — Liquide huileux, plus pesant que l'eau, odeur agréable. Il détone violemment par le choc, le frottement, la chaleur, parfois spontanément. C'est un corps très brisant et excessivement dangereux à manier.

Il se décompose suivant la formule :

$$C^2H^5ClO^4 = 2CO + 2H^2O + HCl.$$

Il manque de l'oxygène.

On aurait une combustion complète en mélangeant l'éther méthyl-perchlorique avec l'éther éthyl-perchlorique.

$$C^2H^5ClO^4 + 2CH^3ClO^4 = 4CO^2 + 4H^2O + 3HCl.$$

L'anhydride hypochloreux : Cl^2O, est explosible en présence de matières organiques. Il donne des éthers explosibles. Nous citerons l'hypochlorite de méthyle et l'hypochlorite d'éthyle. On les obtient en faisant passer un courant de chlore dans une dissolution de soude caustique dans l'alcool dilué (1 p. de soude + 10 p. d'eau + p. d'alcool). Ces corps sont dangereux à manier.

CINQUIÈME PARTIE.

Explosifs aromatiques.

SECTION I.

Corps explosifs provenant des hydrocarbures aromatiques et de leurs dérivés par substitutions nitrées.

CHAPITRE I.

BENZÈNE ET SES DÉRIVÉS NITRÉS.

414. Généralités sur les substances aromatiques. — Les corps aromatiques ont été ainsi appelés à cause de l'odeur aromatique que beaucoup d'entre eux possèdent. Plusieurs se groupaient autour de l'acide benzoïque. Aujourd'hui, on peut définir la série aromatique comme formée par l'ensemble des corps qui ont pour hydrocarbures fondamentaux le benzène et un de ses homologues, c'est-à-dire un hydrocarbure répondant à la formule générale C^nH^{2n-6}.

Dans la plupart des cas, le benzène et ses homologues se comportent, dans les réactions, comme les hydrocarbures saturés de la série grasse C^nH^{2n+2}. On peut substituer à un atome d'hydrogène le radical oxhydrile : C^6H^6; $C^6H^5.OH$, et on obtient des hydrates plus ou moins semblables aux alcools; on peut fabriquer, par des substitutions, des acides monoatomiques, diatomiques, etc.; des aldéhydes, des amides, etc.; bref, des corps analogues, par leur mode de dérivation, à ceux qui constituent la série grasse. Les corps de la série

aromatique ont une extrême tendance à l'isomérie, tendance qu'on ne rencontre pas dans ceux de la série grasse.

L'isomérie principale est celle des hydrates d'hydrocarbures. Les formules de ces hydrates représentent à la fois celles des alcools des autres séries et des alcools spéciaux nommés *phénols*. Il n'y a qu'une exception qui porte sur le premier terme de la série : le benzène; on connaît un phénol et non un alcool.

Les phénols se différencient des alcools par certaines propriétés spéciales parmi lesquelles on peut citer :

1° Les alcools, sous l'influence des agents oxydants, donnent un aldéhyde et un acide correspondants. Les phénols n'éprouvent pas cette réaction.

2° Sous l'action de l'acide azotique, les alcools s'oxydent comme dans le cas précédent ou bien donnent des éthers nitriques; ces nitrates sont neutres et se saponifient par les agents d'hydratation.

Les phénols, au contraire, donnent, sous l'influence de l'acide azotique, des produits de substitution dans lesquels 1, 2, 3 atomes d'hydrogène sont remplacés par le radical AzO^2. Ces substitutions nitrées ne sont pas saponifiables à la manière des éthers et jouissent de propriétés acides, mieux caractérisées que celles des phénols eux-mêmes.

Tous les composés aromatiques, quels qu'ils soient : acides, phénols, aldéhydes, hydrocarbures, peuvent, sous l'influence de l'acide azotique, échanger une partie de leur hydrogène contre le radical AzO^2 en formant des dérivés de substitutions nitrées. Cette substitution se fait généralement sur 1, 2, 3 atomes d'hydrogène et toujours dans le noyau d'hydrocarbure :

$$\underset{\text{Phenol benzenique.}}{C^6H^5.OH} + 3AzO^3H = \underset{\text{Acide picrique.}}{C^6H^2(AzO^2)^3.OH} + 3H^2O;$$

tandis que dans les alcools ordinaires la substitution se fait dans le radical OH :

$$C^2H^5.OH + AzO^3H = C^2H^5.O.AzO^2 + H^2O.$$

Lorsqu'on traite ces composés de substitutions nitrées par des agents réducteurs, on obtient des amines ou des amides.

Ici encore une différence essentielle sépare les corps de la série grasse de ceux de la série aromatique : les amines et les amides grasses, sous l'influence de l'acide azoteux, donnent de l'eau ou de l'azote en régénérant l'acide ou l'alcool correspondant ; les amines et les amides de la série aromatique, sous l'influence de l'acide azoteux, donnent naissance à un grand nombre de corps dont plusieurs sont explosifs.

Ainsi la réduction du nitrobenzène donne l'aniline (amido-benzol) ; celle-ci, sous l'influence de l'acide azoteux, donne le diazo-amido-benzol explosif. Nous aurons l'occasion d'étudier ces corps plus loin.

Lorsqu'on détruit les corps de la série aromatique, même les plus compliqués, le produit ultime de la décomposition est le benzène C^6H^6.

On le considère aujourd'hui comme le pivot de la série aromatique et on admet que chaque corps contient au moins un noyau de benzène.

Les principaux hydrocarbures du groupe benzène sont :

Benzène. . .	C^6H^6	Cumène. . .	C^9H^{12}.
Toluène. . .	C^7H^8.	Cymène. . .	$C^{10}H^{14}$.
Xylène . . .	C^8H^{10}.		

Dérivés du benzène.

415. Benzène. — *Synonymes :* Benzine, benzol, hydrure de phényle, $C^6H^6 = C^6H^5,H$.

Fabrication. — 1° On l'obtient par la distillation des huiles légères du goudron de gaz ; 2° on l'obtient pure par la distillation sèche de l'acide benzoïque avec la chaux.

Propriétés. — C'est un liquide incolore, très réfringent et très mobile, à odeur agréable et éthérée ; la saveur est sucrée.

Le benzène bout à 80°5, se solidifie à 0° et fond à 6°.

Sa densité est égale à 0,887 à 15°.

Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther, il dissout en les corps gras.

Très inflammable ; ses vapeurs forment avec l'air des mélanges explosifs. Comme ce mélange est plus lourd que l'air, il descend vers le sol. Il est donc possible que des personnes placées dans une

pièce ne sentent pas le gaz carburé (air et benzine), quoique sur le sol il y ait un mélange explosif.

Pureté du benzène. — Il renferme souvent du CS^2. On recherche celui-ci d'après la méthode C. Liebermann et A. Seyewetz en ajoutant à 10 cc. de benzine 4 à 5 gouttes de phényl hydrazine et agitant de temps en temps pendant 1 heure à 1 ½. Le benzène renfermant 0,2 %, CS^2 donne un précipité qui rend le liquide complètement épais.

416. Tiophène. — Le tiophène (C^4H^4S) a une grande influence sur la coloration des dérivés du benzène et ses homologues. M. Bidet (C. R., 1889, 1er semestre, p. 520) a étudié de près cette question.

La nitrobenzine, préparée avec de la benzine même cristallisable, présente toujours après plusieurs distillations une teinte jaunâtre qui, sous l'influence de la lumière, devient de plus en plus foncée.

Les résultats sont tout différents si l'on emploie de la benzine privée de tiophène (C^4H^4S) (voir *Dictionnaire Wurtz*, 1er supplément) et dans ce cas dès la première distillation, la nitrobenzine obtenue ne possède qu'une légère teinte jaune-verdâtre ne se modifiant plus au contact des rayons lumineux. L'addition d'un simple cristal de mononitrotiophène redonne à la benzine nitrée pure les propriétés de la nitrobenzine ordinaire.

On peut faire subir à la nitrobenzine nitrée impure diverses purifications et arriver à un produit devenu inaltérable.

Dissolvons la nitrobenzine impure dans l'acide sulfurique et chauffons légèrement ; la solution prend une teinte rouge (fait qui qui ne se présente pas lorsque le produit est pur), puis si nous précipitons par l'eau, la benzine nitrée se sépare très faiblemen colorée, tandis que le liquide aqueux conserve une teinte jaun passant à l'orangé en présence des alcalis. En répétant plusieu fois l'expérience on obtient une nitrobenzine de moins en moi colorée, même absolument incolore vue à travers deux faces par lèles ou aux lumières artificielles et ne présentant par réflexi à la lumière du jour qu'une nuance verdâtre peu marquée.

Le toluène, privé de thiotoluène qu'il renferme par les procé qui servent à la purification de la benzine, fournit des dérivés nitr

ayant au point de vue de la couleur des propriétés identiques à celles de la nitrobenzine pure.

Il est à remarquer aussi que tous ces corps nitrés purifiés ont une odeur beaucoup plus agréable que les produits ordinaires.

Les résultats se retrouvent dans d'autres corps. Ainsi du phénol préparé au moyen d'un sulfone privé de composés thiophéniques peut s'obtenir sous forme de belles aiguilles, complètement incolores ne prenant plus de teinte soit jaune, soit rouge, même après plusieurs mois d'exposition à la lumière.

On peut aussi transformer en amines les composés nitrés purs et alors l'aniline, la toluidine n'acquièrent plus cette teinte rouge-brun foncé que présentent toujours les produits ordinaires au bout d'un certain temps; on constate seulement que ces amines purifiées, d'abord incolores après distillation prennent au bout de quelques jours une couleur jaune qui désormais reste invariable au contact des rayons lumineux.

Cette faible teinte est due probablement à des traces d'amidothiophène indiquant par là même que le corps initial renfermait encore des quantités très faibles de tiophène. C'est même une réaction beaucoup plus sensible que l'isatine.

La benzine du goudron de houille possède la propriété de fournir avec l'isatine et l'acide sulfurique concentré une magnifique couleur bleue due à la formation d'indophénine. Cette réaction ne s'obtient pas avec la benzine provenant de l'acide benzoïque. Elle est due au thiophène.

On peut enlever le tiophène à la benzine en l'agitant avec H^2SO^4 (benzine 400 kg; SO^4H^2, 13 kg. agiter pendant 2 heures).

Mononitrobenzène.

417. — *Formule :* $C^6H^5.AzO^2$.

On attaque le benzène par l'acide azotique d'après la formule :

$$C^6H^6 + AzO^3H = C^6H^5(AzO^2) + H^2O.$$

Préparation. — On fait un mélange de : 150 kg. d'acide nitrique à 40° B. et 150 kg. d'acide sulfurique à 66°. On verse peu à peu 100 kg. de benzène cristallisable.

On agite constamment et on refroidit le vase en le plongeant dans de l'eau froide. On additionne d'eau et le mononitrobenzène se sépare; on lave jusqu'à neutralisation parfaite, on termine par un lavage à l'eau alcaline.

Propriétés. — C'est un liquide un peu jaunâtre, d'une saveur douce, d'une odeur très agréable d'essence d'amandes amères, ce qui le fait employer dans l'industrie sous le nom d'*essence de mirbane* pour parfumer surtout les savons. Il bout à 205-206°. Sa densité est égale à 1,2 à 0°; il gèle à 3°. Il est presque insoluble dans l'eau et très soluble dans l'alcool et l'éther. C'est un toxique.

Le nitrobenzène n'est pas un corps explosif proprement dit. Quand on le surchauffe brusquement il se décompose en donnant des produits mal connus. Il ne détone pas par le choc.

Chaleur de formation : 4,2 calories pour 123 grammes. Chaleur de combustion totale d'après la formule :

$$2C^6H^5.AzO^2 + 25O = 12CO^2 + 5H^2O + Az^2.$$

Pour une molécule (123 grammes) . .	732,3 calories.
Soit pour un kilogramme	595,4 „

La réaction entre C^6H^6 et AzO^3H dégage 36°6.

Binitrobenzène.

418. — *Formule :* $C^6H^4(AzO^2)^2$.

La réaction se fait d'après la formule :

$$C^6H^6 + 2AzO^3H = C^6H^4(AzO^2)^2 + 2H^2O.$$

Préparation. — On mélange parties égales d'acide nitrique et d'acide sulfurique à leur maximum de concentration; l'acide sulfonitrique est mis dans un matras plongé dans de l'eau froide. On verse peu à peu du nitrobenzène ou du benzène cristallisable, jusqu'à ce qu'il cesse de se dissoudre par l'agitation. On chauffe alors près du point d'ébullition pendant une dizaine de minutes. On laisse refroidir, puis on verse la masse liquide dans un grand volume d'eau froide, ce qui provoque la cristallisation du binitrobenzène. On jette

sur un filtre et on lave. Pour obtenir ce corps tout à fait pur, on le dissout dans le moins d'alcool bouillant possible, on filtre au papier et on laisse cristalliser par refroidissement.

On peut encore obtenir le binitrobenzène en versant le mononitrobenzène dans un mélange à parties égales d'acide nitrique à 48° B. et d'acide sulfurique à 66° B. On maintient 12 heures à la température de 50°. Le produit solide est lavé, puis fondu ; on procède à de nouveaux lavages et à de nouvelles fusions jusqu'à ce que le point de liquéfaction atteigne 83°. Le binitrobenzène est alors neutre et exempt de mononitrobenzène.

Industriellement, on fait usage d'un appareil en fonte muni d'un agitateur mécanique, on y verse 120 kilogr. de nitrobenzène, puis peu à peu un mélange de 100 kilogr. NO^3H à 40° B. et de 150 kilogr. H^2SO^4 à 66° ; on agite pendant quelque temps et on chauffe un peu pour achever la réaction. Le nitrobenzène se change nettement en binitrobenzène. On soutire le corps encore chaud et on l'introduit dans un laveur rempli d'eau chaude. Après neutralisation, on décante et on laisse refroidir. Il faut laver jusqu'à ce que le produit ait un point de fusion de 83-85°.

Propriétés. — C'est un corps solide, jaune, cristallisant en longs prismes brillants, fusible à 83°, très soluble dans l'alcool chaud.

Par une chauffe brusque, il se décompose et donne des produits peu connus. Il n'est pas explosif. C'est un corps toxique, surtout en mélange avec le mononitrobenzène.

Chaleur de formation depuis les éléments : 12,7 pour 168 gr.

Chaleur de combustion totale d'après la formule :

$$2C^6H^4(AzO^2)^2 + O^{20} = 12CO^2 + 4H^2O + 2Az^2.$$

Pour une molécule (168 grammes) . . .	189,3	calories.
Soit au kilogramme	410,3	»
Chaleur dégagée par la réaction	36,4	»

Remarque. — Il existe en réalité 3 benzènes dinitrés isomériques :

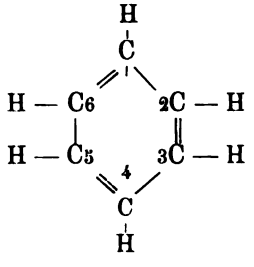
1° L'orthodinitrobenzène (1,2) — $C^6H^4(AzO^2)_1(AzO^2)_2$ fusible à 115°,8 ;
2° Le métadinitrobenzène (1,3) — $C^6H^4(AzO^2)_1(AzO^2)_3$ » 90° ;
3° Le paradinitrobenzène (1,4) — $C^6H^4(AzO^2)_1(AzO^2)_4$ » 172°,1.

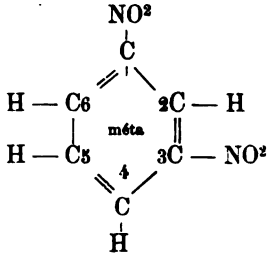
Le binitrobenzène industriel fond de 85 à 87°, température très rapprochée du métadinitrobenzène fusible à 90°.

Ils se forment simultanément par l'action de l'acide azotique sur le nitrobenzène; c'est le métadinitrobenzène qui est très prédominant.

On peut l'extraire par des cristallisations dans l'alcool.

Si une substance contient les radicaux alcalins ou OH, on obtiendra de préférence le produit *para* et fort peu d'*ortho*. C'est le *méta* qui prévaudra dans le cas d'un radical nitrique, carbonyle ou bien d'une aldéhyde. Le phénol ordinaire donne les para et orthonitrophénols; le toluène de même; mais le nitrobenzène et l'acide benzoïque donnent de préférence la modification méta.





Benzène trinitré.

419. — *Formule :* $C^6H^3(AzO^2)^3$.

On chauffe 2 parties de métadinitrobenzène avec 20 parties d'un mélange de 1 volume d'acide nitrique fumant et de 2 volumes d'acide sulfurique concentré dans des tubes scellés, d'abord à 80° c., puis pendant deux à trois heures à 130-140° c.

On verse dans l'eau et on purifie par l'alcool.

Le trinitrobenzène cristallise en lamelles blanches ou en aiguilles fusibles à 121-122°. Il est peu soluble dans l'eau, dans l'alcool froid, facilement dans l'éther et l'alcool chaud. Une trace de trinitrobenzène dissoute dans l'ammoniaque ou la potasse donne une coloration rouge sang intense.

Il existe deux trinitro 1 . 2 . 4 et 1 . 3 . 5.

Remarques sur les substitutions nitrées du benzène.

420. — La réaction :

$$C^6H^6 + AzO^3H = C^6H^5(AzO^2) + H^2O$$

dégage 36,6 calories.

La réaction :

$$C^6H^5(AzO^2) + AzO^3H = C^6H^4(AzO^2)^2 + H^2O$$

dégage 36,4 calories, c'est-à-dire la même chaleur.

On peut conclure de là que la chaleur dégagée est proportionnelle au nombre de molécules acides fixées.

La réaction :

$$C^6H^6 + 2AzO^3H = C^6H^4(AzO^2)^2 + H^2O$$

dégagerait 36,4 + 36,6 = 73,0 calories.

On voit que la chaleur dégagée dans les réactions est bien plus considérable que celle due à la formation des éthers nitriques, laquelle est en moyenne de 5 calories par molécule d'acide nitrique fixée. L'énergie perdue est donc plus grande et, d'après cela, la force explosive des éthers nitriques doit être de beaucoup supérieure.

M. Berthelot signale encore le fait suivant, qui fait comprendre pourquoi les corps nitrés de la série aromatique ne se comportent pas comme les éthers, ceux-ci étant décomposables par la potasse avec reproduction d'alcool et d'acide. La potasse, dont l'union avec l'acide azotique étendu dégage seulement 13,7 calories, ne peut fournir par une réaction simple l'énergie nécessaire pour reconstituer l'acide et le benzène, dont l'union sous forme de nitrobenzène a dégagé 36°6. Au contraire, cette énergie existe pour l'éther azotique et la nitroglycérine, qui réclament seulement 4 calories et 6 calories pour la régénération de chaque molécule acide.

421. Chaleur de formation des dérivés nitrés de la série aromatique. — Voici comment M. Berthelot *(Sur la force des matières explosives d'après la thermo-chimie,* par M. Berthelot,

p. 17, tome II) calcule la chaleur de formation d'un corps nitré depuis les éléments :

Soit A la chaleur de formation du générateur R; + 41,6 étant celle de l'acide azotique; + 36,4 la chaleur de nitrification; enfin, + 69 la chaleur de formation de l'eau; l'équation de nitrification est la suivante :

$$R + AzO^3H = X + H^2O.$$

Elle conduit à la chaleur de formation du composé nitré X, soit :

$$A + 41,6 + 36,4 - 69 = A + 9 \text{ cal.}$$

Pour un composé binitré, trinitré, etc., on aura :

$$A + 18 \text{ cal.}, A + 27 \text{ cal.}, \text{ et en général, } A + 9n.$$

422. Dérivés chloronitrés du benzène. — Nous nous contenterons de citer ces corps qui peuvent être employés en mélange avec des nitrates et des chlorates, pour fournir des poudres explosives.

1° Nitro mono chloro benzènes $C^6H^4(AzO^2)Cl$ (3 isomères : ortho, méta, para).

2° Dinitro monochloro benzènes $C^6H^3(AzO^2)^2Cl$ „

3° Trinitro monochloro benzènes $C^6H^2(AzO^2)^3Cl$ „

4° Nitro dichloro benzènes $C^6H^3(AzO^2)Cl^2$.

5° Dinitro dichloro benzènes $C^6H^2(AzO^2)^2Cl^2$.

6° Nitro trichloro benzènes $C^6H^2(AzO^2)Cl^3$.

7° Dinitro trichloro benzènes $C^6H(AzO^2)^2Cl^3$.

8° Nitro tétrachloro benzènes $C^6H(AzO^2)Cl^4$.

9° Nitro pentachloro benzènes $C^6(AzO^2)Cl^5$.

Dérivés bromonitrés. — Ils sont analogues aux précédents.

Dérivés iodonitrés. — Analogues aux précédents.

Dérivés chloro iodo nitrés. —

Nitro chloro iodo benzènes $C^6H^3(AzO^2)ClI$; etc.

423. Kinétite. —

Elle se compose :

1° de 16 à 21 % de nitrobenzène, dans lequel on dissout 0,75 à 1 % de coton- poudre;

2° de 75 à 82,5 % de chlorates ou nitrates alcalins;

de 1 à 3 % de pentasulfure d'antimoine.

obtient une matière plastique ne donnant pas d'émanations gréables et se manipulant sans danger.

docteur Lunge de Zurich s'est livré à de nombreuses expériences a kinétite en supprimant le pentasulfure d'antimoine qui n'est l'abri de toute critique.

a fabriqué un explosif en dissolvant dans le nitrobenzène du -poudre de manière à former une gelée à laquelle il a mêlé 72 p. lorate et 9 p. de nitrate K. Il considère que c'est une matière sive des moins dangereuses au point de vue du transport, de la tention et de l'emmagasinement.

burite (Carl Roth) 1887.

lange de nitrate d'ammoniaque et dinitro chloro benzène.

Cl augmente la vitesse de l'explosion (?)

4. Toxicité des nitro benzènes. — L'absorption se fait par ct avec la peau ou par les poumons. L'intoxication produit des urs lombaires, des douleurs musculaires dans les jammbes, de ssitude, des maux de tête, des congestions et l'asphyxie. Les es et le nez deviennent violacés.

st un poison qui agit sur l'hémoglobine et provoque rapidement yxie. Les ouvriers ne s'habituent pas avec ces corps comme la nitroglycérine.

aut éviter l'emploi de ces substances dans les explosifs.

5. L'ozobenzène. — Ce corps, trouvé par M. A. Renard, est un it explosif qui se forme par l'action de l'ozone sur le benzène. st indispensable de faire usage de benzène pur provenant du ate de calcium.

introduit dans un tube quelques cc³ du carbure pur et l'on y asser un courant d'ozone bien sec en ayant soin d'opérer à une érature inférieure à + 10°. Au bout de peu de temps, on voit le le devenir opalescent et après 10 à 12 heures, tout l'intérieur ecouvert d'une masse translucide d'aspect gélatineux qui, après ration du benzène en excès dans un courant sec, devient he et opaque.

au lieu du benzène du benzoate Ca, on fait usage du benzène

cristallisable du commerce, il se forme une masse brunâtre gommeuse non explosive, ainsi que des acides acétique et formique; mais si après quelques heures, on arrête le courant d'ozone, le benzène ainsi traité, lavé à la soude et rectifié donne alors les mêmes résultats que celui provenant du benzoate Ca.

Du benzène pur additionné d'une trace de thiophène donne, avec l'ozone, les mêmes résultats que le benzène du commerce; il est donc possible que ce soit ce corps qui entrave la formation de l'ozobenzène.

L'ozobenzène, bien débarrassé de son excès de benzène par un courant d'air sec, se présente sous la forme d'une masse blanche amorphe. On peut le conserver dans une atmosphère sèche, mais la moindre trace d'humidité le décompose. Chauffé brusquement à 50°, il détone; chauffé lentement, il peut se décomposer sans détoner.

Le plus léger frottement le fait détoner avec une énorme violence et une force brisante considérable; quelquefois le seul fait de déboucher un tube qui en renferme suffit pour déterminer son explosion.

L'acide sulfurique concentré, l'ammoniaque, KHO concentré, le font détoner.

Formule $C^6H^6O^6$. C'est un produit d'addition de benzène dans lequel les six atomicités supplémentaires du noyau benzénique sont saturés par 6 atomes d'oxygène reliés les uns aux autres, deux à deux, par une atomicité.

426. Nitroaniline. — L'aniline ou phenylamine $C^6H^5.NH^2$ s'obtient en réduisant le mononitrobenzène par le fer et l'acide acétique $C^6H^5.NO^2 + 3H^2 = C^6H^5.NH^2 + 2H^2O$.

L'aniline peut donner des substitutions nitrées.

La trinitraniline contient plus d'azote que trinitrobenzol. Elle est insoluble dans l'eau; elle se conserve sans altération et détone par la capsule.

CHAPITRE III.

CORPS DIAZOÏQUES ET AZOÏQUES.

427. Ces corps renferment le groupement diazoïque $(N = N)''$. Ils peuvent être considérés comme dérivant de l'imidogène $HN = NH$.

Si l'on remplace les H par des radicaux aromatiques, on a les corps azoïques; mais si l'un des H est remplacé par un radical aromatique et l'autre par un élément ou groupe inorganique Cl, Br, OH, etc., on a les corps diazoïques.

Composés azoïques.		Composés diazoïques.	
$N - C^6H^5$ $\|$ $N - C^6H^5$	Azobenzol.	$N - C^6H^5$ $\|$ $N - Cl$	Chlorure de diazobenzol.
$N - C^6H^4Cl$ $\|$ $N - C^6H^4Cl$	Dichloro azobenzol.	$N - OH$ $\|$ $N - C^6H^5$	Hydrate de diazobenzol.
$N - C^6H^4.OH$ $\|$ $N - C^6H^4.OH$	Azophénol.	$N - C^6H^5$ $\|$ $N - NO^3$	Nitrate de diazobenzol.
$N - C^4H^4.CO^2H$ $\|$ $N - C^4H^4.CO^2H$	Acide azo benzoïque.	$N - C^{10}H^7$ $\|$ $N - NO^3$	Nitrate de diazonaphtaline.
$N - C^{10}H^7$ $N - C^{10}H^7$	Azonaphtaline.	$N - C^6H^4$ $\|$ $N - O$	Anhydride diazobenzoïque.
Etc.		Etc.	

Les dérivés diazoïques prennent naissance par l'action de l'acide nitreux sur une amine aromatique quelconque.

$$\underset{\text{Chlorhydrate d'aniline.}}{C^6H^5.NH^2.HCl} + NO.OH = \underset{\text{Chlorure de diazobenzol.}}{C^6H^5 - N = N - Cl} + 2H^2O.$$

Les amines sont des corps qui résultent de la substitution d'un radical + à l'hydrogène de l'ammoniaque. On les divise en monamines, diamines et triamines.

Le radical substitué à l'hydrogène de l'ammoniaque peut être un radical d'alcool monoatomique ou un résidu monoatomique d'alcool polyatomique.

$$N\left\{\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right. \qquad\qquad N\left\{\begin{matrix} R' \text{ (radical } C^nH^{2n+1}) \\ H \\ H \end{matrix}\right.$$

Ammoniaque.

Les amines primaires de la série grasse, traitées par l'acide nitreux, sont transformées en alcools monoatomiques, le radical NH^2 est remplacé par le radical OH.

$$\underset{\text{Ethylamine.}}{C^6H^5 . NH^2} + NO . OH = \underset{\text{Alcool éthylique.}}{C^6H^5 . OH} + H^2O + N^2$$

On peut atteindre le même résultat avec les amines primaires de la série aromatique.

Mais, en opérant dans des conditions déterminées, en évitant notamment un excès d'eau et une température trop élevée, on obtient des produits intermédiaires qui sont les composés diazoïques.

Nous examinerons ici les composés diazoïques du benzène. On sait que l'aniline ou phénylamine s'obtient par la réduction du mononitrobenzène.

$$\underset{\text{Mononitrobenzene.}}{C^6H^5 . NO^2} + H^2 = \underset{\text{Aniline.}}{C^6H^5 . NH^2} + 2H^2O$$

Le premier produit de l'action de l'acide nitreux sur l'aniline est le diazoamidobenzol $C^6H^4N^2 — C^6H^5 . NH^2$. Celui-ci, sous l'influence d'un excès d'acide nitreux, se transforme en diazobenzol.

$$2C^6H^5NH^2 + NO^2H = \underset{\text{Diazoamidobenzol.}}{C^6H^5 . N = N . C^6H^5 . NH} + 2H^2O$$

$$C^6H^5 . N = N . C^6H^5NH + NO^2H = \underset{\text{Diazobenzol.}}{2C^6H^4N^2} + 2H^2O$$

Le diazobenzol est très instable, il se décompose à peine formé; mais les sels de diazobenzol sont plus stables. C'est le nitrate de diazobenzol qui sert de point de départ à la préparation des autres combinaisons du diazobenzol.

Nitrate de diazobenzol.

428. — $C^6H^4Az^2 . AzO^3H = C^6H^5 . Az = Az . AzO^3$.

Préparation. — Il prend naissance par l'action de l'acide azoteux sur le nitrate d'aniline.

$$C^6H^5 . AzH^2 . AzO^3H + AzO^2H = C^6H^4Az^2 . AzO^3H + 2H^2O.$$

Nitrate d'aniline.

MM. Berthelot et Vieille préparent ce corps de la façon suivante :

On broie quelques grammes (5 gr.) de nitrate d'aniline avec de l'eau, de façon à former une bouillie que l'on verse dans un tube maintenu en dessous de 30° c. au moyen d'un mélange réfrigérant; on fait arriver lentement un courant d'acide nitreux, en évitant toute élévation de température; on agite avec un thermomètre.

L'acide nitreux se fabrique en faisant tomber goutte à goutte par un entonnoir à robinet de l'acide azotique à 1,2 ou 1,3 de densité sur de l'acide arsénieux finement pulvérisé ou bien sur de l'amidon contenu dans un ballon légèrement chauffé; il faut conduire la chaleur avec prudence, sinon l'opération peut devenir très tumultueuse. La bouillie de nitrate d'aniline se colore rapidement en rouge, puis prend une teinte moins foncée; on arrête lorsque le liquide dégage de fines bulles d'azote.

La liqueur étant saturée d'acide nitreux, on ajoute son volume d'alcool, puis un excès d'éther lequel précipite le nitrate de diazobenzol en flocons blancs volumineux; on le recueille sur une toile et on le lave avec de l'éther pur (l'éther qui a servi à laver le diazobenzol doit être jeté; si on le redistille il y a risque d'explosion). Le corps est séché spontanément, ou bien entre du papier-filtre sous la presse; on achève dans le vide sec.

Rendement : 93 % du nitrate employé.

Propriétés. — C'est un corps blanc qui cristallise en longues

aiguilles solubles dans l'eau, moins dans l'alcool que dans l'éther. Il se conserve bien dans l'air sec et à l'abri de la lumière; celle-ci le décompose. D = 1,37 à 15° C.

L'humidité le détruit immédiatement :

$$C^6H^4Az^2 . AzO^3H + H^2O = \underset{\text{Phénol.}}{C^6H^6O} + Az^2 + AzO^3H.$$

Il détone facilement par le choc et par la friction ; il a à peu près la sensibilité du fulminate de mercure.

Il détone par la chaleur à 90° c. (le fulminate seulement à 195°).

Force de la matière.

La formule de décomposition est la suivante (d'après expérience) :

$$C^6H^4Az^2 . AzO^3H = 3CO + 3C + 2,5H^2 + 1,5Az^2.$$

Elle donne :

$m = 167$	$V_m = 156^l24$
$Q_{mp} = 124,8$	$V_k = 935^l56$
$Q_{mv} = 128,8$	$t = 2831°$
$Q_{kp} = 747,31$	$f = 11041,51$
$Q_{kv} = 771,32$	$\alpha = 0,935.$
$W = 327811$	

On avait cru pouvoir l'employer pour remplacer le fulminate de mercure, mais la conservation du corps sous l'influence de l'humidité et de la lumière est trop difficile.

Il possède cependant au plus haut degré les qualités des explosifs employés comme détonateurs.

Ses effets au contact sont moindres qu'avec le fulminate de mercure. Il est surtout employé dans l'industrie pour la fabrication des matières colorantes.

Aniline fulminante.

429. Chromate de diazobenzol. — On fait un mélange d'une molécule de chlorhydrate d'aniline ($C^6H^5.AzH^2.HCl$) avec deux molécules d'acide chlorhydrique, et l'on ajoute peu à peu, en refroi-

issant, une molécule d'azotite de calcium en solution concentrée; n abandonne ce mélange à lui-même jusqu'à ce qu'il se dégage e l'azote. On ajoute alors une solution concentrée d'une molécule e bichromate de potassium additionnée d'une molécule d'acide hlorhydrique; il se produit un précipité de chromate de diazobenzol; n sèche avec précaution.

Il a des propriétés analogues à celles du nitrate de diazobenzol.

Bromure de diazobenzol.

430. — $C^6H^4Az^2.HBr$.

On l'obtient par l'action d'une solution éthérée de brome sur ne solution éthérée de diazo-amidophénol :

$$^6H^4Az^2 - C^6H^5AzH^2 + 3Br^2 = C^6H^4Az^2.HBr + \underset{\text{Tribromaniline.}}{C^6H^2Br^3.AzH^2} + 2HBr.$$

C'est un corps très soluble dans l'eau, moins dans l'alcool, nsoluble dans l'éther. Il est peu stable et se décompose sponta- nément; il détone avec violence par le frottement ou par la chaleur.

Sulfate de diazobenzol.

431. — $C^6H^4Az^2.SO^4H^2$.

On fait passer de l'acide azoteux dans une bouillie aqueuse de lfate d'aniline ou bien, plus facilement, en traitant par de l'acide lfurique étendu du double de son volume d'eau la solution aqueuse nitrate de diazobenzol et en refroidissant. On ajoute trois volumes alcool, puis de l'éther; le sulfate se précipite à l'état d'un sirop 'on sépare du liquide; on traite de nouveau par l'alcool et l'éther, sèche dans le vide. Au bout de quelque temps, on obtient des istaux qu'on lave avec de l'alcool absolu; on dissout dans la plus tite quantité d'eau possible et on précipite de nouveau par alcool et l'éther.

Le sulfate de diazobenzol est très soluble dans l'eau, peu dans alcool, insoluble dans l'éther; la solution aqueuse dépose, par vaporation lente, des prismes blancs; l'alcool et l'éther le préci-

pitent en aiguilles blanches de sa solution aqueuse. Ce sel est plus stable que le nitrate, il détone vers 100°. A l'air, il attire l'humidité et se décompose alors lentement.

Diazoamidobenzol.

432. — $C^6H^4Az^2 — C^6H^5AzH^2$.

On l'obtient par l'union directe des sels de diazobenzol et d'aniline :

$$C^6H^4Az^2.AzO^3H + 2C^6H^5.AzH^2 = C^6H^4Az^2 — C^6H^5AzH^2 + C^6H^5AzH^2.AzO^3H$$

ou bien par l'action de l'acide azoteux sur une solution alcoolique d'aniline :

$$2C^6H^5AzH^2 + AzO^2H = C^6H^4Az^2 — C^6H^5AzH^2.$$

C'est un corps en lames jaune d'or, insoluble dans l'eau, fusion à 91° et détonation à 200°.

Produits de substitution du diazobenzol.

433. — Ils se préparent par l'action de l'acide azoteux sur les sels des anilines substituées. Ils cristallisent en général facilement. On connaît ainsi :

Le diazobromobenzol $C^6H^3BrAz^2$.

L'azotate de diazobromobenzol $C^6H^3BrAz^2.AzO^3H$, qu'on obtient en partant de l'azotate de α bromaniline. C'est un corps détonant.

Le bromure de diazobromobenzol $C^6H^3BrAz^2.HBr$.

Le diazochlorobenzol $C^6H^3ClAz^2$.

L'azotate de diazochlorobenzol $C^6H^3ClAz^2.AzO^3H$.

Le diazoïodobenzol $C^6H^3IAz^2$, base libre explosive.

CHAPITRE IV.

PHÉNOLS NITRÉS.

—

§ 1. — GÉNÉRALITÉS SUR LES PHÉNOLS.

434. — Les phénols dérivent des hydrocarbures aromatiques par la substitution du radical oxhydryle (OH) à de l'hydrogène du noyau principal.

Les phénols ressemblent ainsi, par leur formule, aux alcools. La substitution peut se faire une ou plusieurs fois en donnant des phénols mono ou polyvalents.

Les phénols monovalents principaux sont :

C^6H^5,OH phénol benzénique (phénol ordinaire).

C^7H^7,OH phénol crésylique (ou crésylol).

C^9H^{11},OH thymol, etc.

Les phénols divalents :

$C^6H^4(OH)^2$ pyrocatéchine, résorcine, hydroquinone, etc.

Les phénols trivalents :

$C^6H^3(OH)^3$ acide pyrogallique.

$C^6H^3(OH)^3$ phloroglucine (isomère de l'acide pyrogallique), etc.

Phénol benzénique (benzénol).

435. *Formule* : C^6H^5OH.

Synonymes. — Phénol ordinaire, alcool phénique, acide phénique, acide carbolique, hydrate de phényle.

On l'obtient en distillant le goudron de gaz; on recueille à part ce qui distille entre 160° et 190°; c'est la créosote du commerce. On y ajoute une dissolution très concentrée de potasse caustique; on obtient ainsi du phénate de potassium. On dissout dans l'eau; il se

sépare deux couches, dont l'inférieure est la solution du phénate. On décante et on ajoute de l'acide chlorhydrique, qui sépare le phénol sous forme d'huile; on lave à l'eau et on purifie par plusieurs distillations sur le chlorure de calcium; on recueille les produits qui distillent vers 183°; ils cristallisent par le refroidissement.

Phénol synthétique. — On le fabrique actuellement par l'action de la soude sur l'acide sulfoconjugué de la benzine.

Propriétés. — C'est un corps solide, cristallisé en aiguilles incolores. Exposé à l'air, il rougit (formation de phénoquinone). Il fond à 41° c. et bout à 183°. Il est peu soluble dans l'eau, mais la moindre trace d'humidité le liquéfie; soluble dans l'alcool et l'éther. En grand usage comme désinfectant et comme matière première dans la fabrication de l'acide picrique et des picrates.

Substitutions nitrées du phénol.

On en connaît trois :

1° Le mononitrophénol $C^6H^4(AzO^2)OH$ (3 isomères : ortho, para, méta).
2° Le dinitrophénol $C^6H^3(AzO^2)^2OH$ " " "
3° Le trinitrophénol $C^6H^2(AzO^2)^3OH$ " " "

Mononitrophénols.

436. Ils se présentent sous trois formes isomériques :

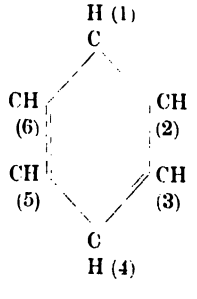
1° L'orthonitrophénol $C^6H^4(OH)_1(AzO^2)_2$;

2° Le paranitrophénol $C^6H^4(OH)_1(AzO^2)_4$ (ou isonitrophénol);

3° Le métanitrophénol $C^6H^4(OH)_1(AzO^2)_3$.

Il existe dans la série aromatique un genre spécial d'isomérie dû à la position différente des chaînes latérales sur le noyau phénylique.

On peut attribuer à la benzine la formule qui suit :



Les six atomes d'hydrogène de la benzine sont équivalents et par rapport à l'un quelconque d'entre eux, il existe deux paires d'atomes disposés symétriquement.

Tous les atomes H sont disposés de la même manière et, par rapport à l'atome (1), les atomes (2) (6) ainsi que (3) (5) forment deux paires symétriques.

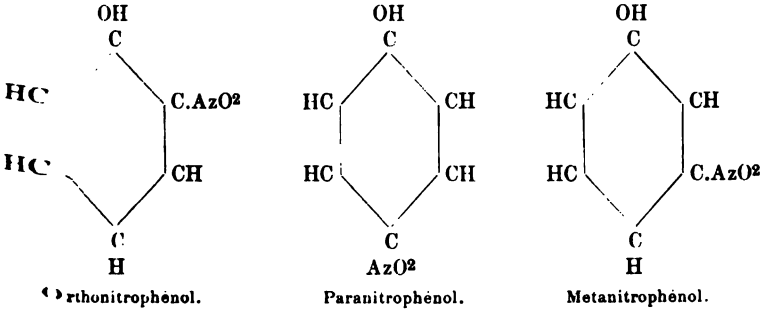
L'atome (4) constitue un troisième rapport.

L'addition d'une chaîne latérale, ou de 5 chaînes latérales identiques, n'offre pas d'isoméries à considérer. L'introduction de deux chaînes latérales identiques ou différentes donne naissance à trois produits isomères qui, selon la position occupée par les chaînes, sont qualifiés de composés ortho (ortos, droit), méta (méta, après), para (para, à côté).

Une étude approfondie du sujet a même permis d'établir quels sont les atomes d'hydrogène remplacés dans les trois cas.

Dans la série *ortho*, les atomes d'hydrogène substitués occupent les positions 1-2 ou 1-6.

Dans la série *méta*, les positions 1-3 ou 1-5 et dans la série *para*, les positions 1-4.



Orthonitrophénol. Paranitrophénol. Metanitrophénol.

437. Orthonitrophénol. — On verse une partie de phénol dans un mélange, refroidi avec un mélange réfrigérant, de 2 p. d'acide nitrique (d = 1,34) et de 4 p. d'eau. Il se forme une couche noire huileuse, qu'on sépare, qu'on lave à l'eau et que finalement on distille avec de l'eau.

Propriétés. — Corps d'un jaune paille, à odeur aromatique. Il fond à 45°, bout à 214°; il est peu soluble dans l'eau froide, plus

soluble dans l'eau chaude, l'alcool, l'éther, la benzine, le sulfure de carbone.

Paranitrophénol. — Il prend naissance en même temps que l'ortho. Plus la température est basse, plus sa proportion augmente. Après la distillation de l'orthonitrophénol, il reste dans les résidus. Ceux-ci sont filtrés à chaud. On ajoute de la soude caustique, ce qui donne un précipité de paranitrophénate de sodium. On filtre, on lave et on purifie le sel par des cristallisations à l'eau chaude. Enfin on décompose le sel sodique par de l'acide chlorhydrique.

Propriétés. — Ce corps se présente en aiguilles incolores très solubles dans l'éther; la solution éthérée donne des cristaux jaune rouge.

Métanitrophénol. — On fait agir de l'acide sulfurique dilué sur de la métanitraniline, puis on ajoute de l'azotate de potassium.

Les mononitrophénols ont des allures d'acides et fournissent un grand nombre de sels métalliques. Les nitrophénates sont colorés en rouge écarlate ou en orange. Ils ne sont pas explosibles.

Dinitrophénols.

438. — *Formule :* $C^6H^3(AzO^2)^2OH$.

On chauffe le métanitrophénol avec son poids d'acide azotique ($d = 1,37$).

On peut aussi partir du phénol. On mélange 50 gr. de phénol pur avec 600 gr. d'eau; on ajoute peu à peu en remuant 275 gr. d'acide azotique ($d = 1,38$). On obtient le dinitrophénol α.

On chauffe pendant 10 minutes et on laisse refroidir.

Le dinitrophénol cristallise en feuilles de fougère.

Le dinitrophénol ainsi obtenu renferme en réalité 3 isomères :

1° $C^6H^3.OH_{(1)}.AzO^2_{(2)}.AzO^2_{(3)}$;

2° $C^6H^3.OH_{(1)}.AzO^2_{(2)}.AzO^2_{(4)}$;

3° $C^6H^3.OH_{(1)}.AzO^2_{(2)}.AzO^2_{(6)}$.

Ils donnent des dinitrophénates dont quelques-uns sont explosibles.

Le dinitrophénol α est de couleur blonde, odeur nulle, goût amer; fusible à 114°; détone légèrement par chauffe brusque, soluble dans l'eau (19 p. eau à 18°), colore la peau.

Dinitrophénates α. — Jaune orangé, détonant légèrement.

Sel d'argent. — Ce sel noircit à la lumière, détone par la chaleur.

Sel de plomb. — Le sel neutre renferme :

$$[C^6H^3(NO^2)^2O]^2Pb + 6H^2O.$$

C'est un des sels les plus détonants.

Trinitrophénols.

439. — Il existe trois trinitrophénols isomères :

1° Le trinitrophénol α $C^6H^2.OH_{(1)}.AzO^2_{(2)}.AzO^2_{(4)}.AzO^2_{(6)}$ (acide picrique);

2° Le trinitrophénol β 1, 3, 4, 6;

3° Le trinitrophénol γ 1, 2, 3, 6.

Nous confondrons leur étude avec celle de l'acide picrique.

§ 2. — ACIDE PICRIQUE.

440. — *Synonymes :* Trinitrophénol, acide carbazotique, amer de Welter, amer d'indigo.

Il fut découvert en 1788, par Hausmann qui attaqua l'indigo par l'acide nitrique.

Welter l'obtint en faisant agir l'acide azotique sur la soie; Laurent établit que l'acide picrique était du phénol trinitré.

Préparation. — Elle se fait d'après la formule :

$$\underset{100}{C^6H^5OH} + \underset{200}{3AzO^3H} = \underset{243}{C^6H^2(AzO^2)^3OH} + 3H^2O.$$

Elle est l'objet d'une fabrication industrielle importante. L'opération se fait en deux phases, afin d'éviter la violence de la réaction entre l'acide phénique et l'acide nitrique; on commence par former l'acide sulfo conjugué du phénol que l'on détruit après par l'acide azotique :

$$C^6H^4(SO^3H)OH + 3AzO^3H = C^6H^2(AzO^2)^3OH + SO^4H^2 + 3H^2O.$$

On chauffe de 100° à 120° dans des cornues, sur des bains de sable, parties égales de phénol et d'acide sulfurique; de temps en temps

on prend une goutte qu'on jette dans de l'eau froide ; la réaction est terminée quand la goutte se dissout complètement. On laisse refroidir et on ajoute deux fois le poids d'eau ; ce liquide est versé dans un excès d'acide nitrique ordinaire (D = 1,40) : 3,5 parties.

$$(\text{Phénol}.100 + SO^4H^2.100 + \text{Eau}.100 + NO^3H.350).$$

L'opération s'effectue dans des jarres en grès plongées dans un bain-marie chauffé à la vapeur.

Il se dégage quelques vapeurs nitreuses, puis on chauffe jusqu'à ce que les vapeurs rouges aient disparu. On laisse refroidir et l'acide picrique cristallise. On fait égoutter les cristaux et on les lave à l'eau.

Afin d'obtenir de l'acide picrique tout à fait pur, on le sature par un sel de potassium ou de sodium, qui le transforme en picrate de potassium ou de sodium ; on presse celui-ci pour le débarrasser des impuretés ; on lave puis on décompose le sel par l'acide sulfurique qui fournit l'acide picrique à l'état pur.

Nouveau procédé de fabrication de l'acide picrique. — On dissout l'acide phénique dans de la paraffine ou dans un autre hydrocarbure chauffé ; puis cette solution est ajoutée à la proportion voulue de NO^3H recouvert lui-même d'une couche du même hydrocarbure. La réaction se produit à froid ; on sépare l'acide picrique et on le raffine.

Propriétés. — C'est un corps solide se présentant sous forme de cristaux lamelleux d'un beau jaune ; la saveur en est extraordinairement amère (picros) ; il rougit le tournesol. Il est d'une grande stabilité à la température ordinaire. Il est peu soluble dans l'eau.

100 parties d'eau dissolvent :

à 5°	0,603	parties	d'acide picrique.
15°	1,160	»	»
20°	1,230	»	»
22°	1,300	»	»
26°	1,370	»	»
77°	3,840	»	»
Ébullition :	5,000	»	»

Il est soluble dans l'alcool, dans l'éther, le chloroforme, la glycérine, l'esprit de bois, l'alcool, le sulfure de carbone, le pétrole, la benzine, etc. Son pouvoir colorant est très prononcé; il teint la soie et la laine sans mordant. D = 1,65.

Action de la chaleur. — Il fond à 122°5 en une huile jaune qui cristallise par le froid.

Lorsqu'on le chauffe avec prudence, il se sublime sans se décomposer. Lorsqu'on le chauffe brusquement à 300°, il déflagre ou, s'il est en vase clos, il fait explosion.

L'explosion se fait d'après la formule :

$$2C^6H^2(AzO^2)^3OH = 3CO^2 + 8CO + C + 3H^2 + 3Az^2,$$

ou $$2C^6H^2(AzO^2)^3OH = CO^2 + H^2O + 11CO + 2H^2 + 3Az^2.$$

On voit que le corps est loin de contenir la quantité d'oxygène nécessaire pour produire des substances à leur maximum d'oxydation.

A l'air libre, il brûle sans faire explosion en dégageant du noir de fumée. Si l'acide picrique contient des oxydes, il se forme, sous l'influence de la chaleur, des picrates qui font explosion et cela entraîne celle de l'acide picrique pur. Il faut donc apporter la plus grande attention à ne pas fondre l'acide picrique dans des vases métalliques attaquables.

M. Berthelot a fait des observations sur les divers modes de décomposition explosive de l'acide picrique (*Bulletin de la Société chimique*, t. XLIX, 1888, p. 956). L'acide picrique, en masse un peu notable, placé sur un feu un peu modéré dans une capsule et même dans une bouteille ouverte, fond, puis émet des vapeurs qui prennent feu au contact de l'air et du foyer, en brûlant avec une flamme fuligineuse, sans donner lieu à une explosion. Si l'on déverse le liquide enflammé sur une surface froide, il ne tarde pas à s'éteindre. Une très petite quantité, chauffée avec précaution dans un tube fermé par un bout, peut même se volatiliser sans décomposition apparente. On voit par là que l'acide picrique est bien moins explosif que les éthers nitriques, tels que la nitroglycérine, le coton-poudre ou bien encore les composés azoïques et le fulminate de mercure.

Néanmoins, ce serait une erreur de croire que l'acide picrique est incapable de faire explosion par un simple échauffement.

En effet, ce corps, soumis à une haute température, se décompose avec dégagement de chaleur, en s'oxydant aux dépens de la vapeur nitreuse qui entre dans sa composition.

M. Berthelot a établi il y a longtemps que toutes les fois qu'une réaction dégage de la chaleur, la vitesse de cette réaction croît, d'une part, avec la condensation de la matière à une même température et, d'autre part, avec la température pour un même état de condensation.

Ce dernier accroissement s'effectue même suivant une loi très rapide, exprimée par une fonction exponentielle de la température, ce qui tend à rendre la réaction explosive.

Lorsqu'on opère en vase clos, la chaleur dégagée par la réaction concourt encore à accroître l'élévation de la température et, par suite, l'accélération des phénomènes.

Conformément à ces principes, on peut provoquer la détonation de l'acide picrique, sous la pression ordinaire et dans un vase ouvert, si on l'échauffe brusquement dans une enceinte portée à l'avance à une haute température, et dont la masse soit telle, que l'introduction de la matière explosive en petite quantité ne modifie pas sensiblement la température.

Cette condition indiquée par la théorie peut être réalisée par les circonstances suivantes : on prend un tube de verre fermé par un bout, d'un diamètre de 25 à 30 millimètres, et on l'échauffe sur la flamme d'un bec de gaz jusqu'à la température du rouge visible sans cependant fondre le verre ou déformer le tube.

A ce moment, on projette au fond du tube deux ou trois cristaux d'acide picrique cristallisé dont le poids ne dépasse pas quelques milligrammes. Le corps détone aussitôt avec vivacité au point de contact, avant d'avoir eu le temps de se réduire en vapeur, en produisant une lumière blanche très vive et un bruit caractéristique.

M. Berthelot a pris soin de faire l'expérience dans une atmosphère d'azote, pour plus de netteté. Elle a produit à peine quelques flocons de charbon. Il est clair qu'elle réussit également dans l'air, mais alors le charbon est brûlé.

Si la dose d'acide picrique est un peu plus considérable sans atteindre cependant quelques centigrammes, le fond du tube peut être refroidi suffisamment pour que la détonation n'ait pas lieu immédiatement. Mais le corps se réduit aussitôt en vapeurs et il se produit bientôt une explosion avec flamme dans une grande partie de l'étendue du tube. Cette explosion est moins aiguë que la détonation localisée et elle paraît donner lieu à une dose de charbon relativement plus considérable. L'explosion présente le même caractère même avec quelques milligrammes de matière, si le fond du tube est tapissé de charbon provenant d'une première explosion.

Opère-t-on sur un décigramme d'acide picrique, avec un tube neuf porté au rouge, l'action est plus lente encore; cependant l'acide ne tarde pas à fuser et à déflagrer avec vivacité en développant une fumée abondante et une flamme rouge qui enveloppe chaque parcelle successivement projetée.

En même temps les vapeurs produites s'enflamment vers l'orifice du tube, au contact de l'air ambiant. Enfin, si l'on augmente la dose d'acide picrique, il se décompose encore avec une énorme fumée et une volatilisation partielle, mais sans déflagration.

M. Berthelot a fait des expériences analogues sur plusieurs composés nitrés moins oxygénés que l'acide picrique. Soit le nitrobenzène, par exemple : si l'on projette une fine gouttelette de ce composé au fond d'un tube de verre porté à l'avance au rouge et rempli d'azote, il déflagre avec production de bruit et d'une flamme blanche. Mais l'expérience ne réussit pas avec une quantité plus forte ou bien si le tube renferme déjà du charbon provenant d'une explosion antérieure. De même, le dinitrobenzène, les naphtalines mono, di, trinitrées avec tendance croissante à la détonation, à mesure que la dose d'oxygène s'accroît.

On voit par ces observations la variété des modes de décomposition des composés nitrés proprement dits et comment ces modes divers dépendent de la température initiale de la décomposition. Dans le cas où le milieu ambiant offre une masse assez considérable pour absorber à mesure la chaleur produite, il y a ni déflagration, ni détonation. Cependant si un corps nitré, tel que l'acide picrique,

en brûlant à l'air, venait à échauffer la paroi de l'enceinte qui le contient, à un degré suffisant pour que sa déflagration commençât, celle-ci pourrait concourir à élever la température de l'enceinte et le phénomène finirait par se transformer en détonation.

Il suffirait même que celle-ci eût lieu sur un point isolé pour qu'elle donnât lieu à l'onde explosive et se propageât par influence dans la masse entière en produisant une explosion générale.

Les explosions de grandes quantités d'acide picrique sont devenues plus fréquentes dans les incendies de fabriques de produits chimiques. Le 25 avril 1901 une explosion terrible eut lieu à la fabrique de Griesheim-Electron, 24 personnes furent tuées. Les incendies commencent souvent dans les séchoirs peut-être à cause du contact avec des matières métalliques ou des tuyaux en fer (picrate de fer).

Action de l'acide picrique sur les métaux. — Il attaque la plupart des métaux et donne naissance à des picrates qui sont beaucoup plus dangereux à manier.

En immergeant des plaques métalliques bien décapées dans un bain froid d'acide picrique, on peut facilement se rendre compte de l'attaque.

Le fer et le zinc sont immédiatement attaqués.

L'aluminium subit une attaque très lente.

Le cuivre est légèrement attaqué.

Le fer est vite attaqué ; il se forme d'abord du picrate ferreux qui se transforme à l'air humide en picrate ferrique très instable ; frappé, il s'enflamme en dégageant des étincelles.

Le plomb donne du picrate de plomb très explosif.

L'étain ne subit pas d'attaque.

Il faut également éviter le contact de l'acide picrique avec des substances qui peuvent donner lieu à des réactions chimiques. C'est ainsi que les nitrates, les chlorates, les oxydes se transforment immédiatement en picrates dès qu'un peu d'humidité intervient. La vivacité de ces transformations se remarque parfaitement sous le microscope.

Il va sans dire que les métaux, nitrates, chlorates, oxydes, projetés dans l'acide picrique fondu peuvent amener sa détonation en

masse; les picrates formés jouant le rôle de détonateurs. C'est ainsi qu'on peut expliquer les explosions qui surviennent lors des incendies. L'acide picrique fond et brûle, mais il détone si une goutte de plomb, de soudure, même de chaux ou de plâtre vient à s'y mêler. Il suffit de placer l'acide picrique en poudre sur une feuille de plomb pour amener sa détonation par le choc, bien plus facilement que sur l'enclume. Un mouton de 4 kg. demande une chute de 1^m50 pour le faire détoner fer sur fer, mais s'il est disposé sur plaque de plomb il ne faut plus que 75 centimètres.

On a préconisé actuellement d'emmagasiner l'acide picrique dans des magasins en bois en évitant tout revêtement en chaux et le voisinage de métaux fusibles.

Détonation de l'acide picrique. — L'acide picrique pulvérulent est assez réfractaire au choc du mouton, mais il détone avec violence sous l'influence d'un détonateur au fulminate de mercure; il produit des effets brisants bien plus marqués que ceux de la dynamite; ce caractère brisant est dû à la grande vitesse de détonation qui est le double environ de celle de la dynamite.

Lorsqu'il est *fortement* comprimé ou après avoir subi la fusion, il devient plus réfractaire au choc, mais il détone encore sous l'influence d'un détonateur second à l'acide picrique pulvérulent ou peu comprimé.

Force de l'acide picrique. — La formule d'explosion

$$2C^6H^2(NO^2)^3OH = CO^2 + H^2O + 11CO + 2H^2 + 3N^2,$$

donne :

m	$= 458$	V_m	$= 401,76$
Q_{mp}	$= 337,8$	V_k	$= 877,02$
Q_{mv}	$= 348,10$	t	$= 2634°$
Q_{kp}	$= 737,5$	f	$= 9682$
Q_{kv}	$= 760$	α	$= 0,877$
W	$= 323000$		

La formule d'explosion :

$$2C^6H^2(AzO^2)^3OH = 3CO^2 + 8CO + C + 3H^2 + 3Az^2,$$

donne :

m	= 458	V_m	= 379,44
Q_{mp}	= 390,2	V_k	= 828,47
Q_{mv}	= 399,9	t	= 2832°
Q_{kp}	= 851,9	f	= 9780,6
Q_{kv}	= 873,2	α	= 0,828
W	= 371114		

Les produits de la décomposition sont différents suivant la densité du chargement.

On a encore donné comme formule de décomposition sous de fortes densités de chargement

$$2C^6H^2(AzO^2)^3OH = 12CO^2 + 2H^2O + 3Az^2 + H^2$$

équation approximative, car il se forme un peu de CH^4, de CO^2 et un peu plus de H que dans cette formule.

Dans sa détonation, l'acide picrique dégage généralement de la fumée noire due au carbone.

On pourrait donc ajouter des oxydants; mais il n'est pas nécessaire, comme on le pensait autrefois, de transformer tout le C en CO^2 parce que l'effet maximum de l'explosion ne dépend pas de la combustion complète, mais au contraire de l'émission de CO, ce qui augmente la quantité de gaz et ce que ne compense pas l'augmentation de température de la transformation de CO en CO^2. Il est donc inutile d'ajouter tant d'oxygène, il suffit qu'il y en ait assez pour brûler le C en CO.

Usage de l'acide picrique. — L'industrie en consomme de grandes quantités pour la teinture de la laine et de la soie; on vend même quelquefois sous le nom d'acide picrique, du picrate de soude un peu moins cher, mais qui constitue un explosif très dangereux.

Cet acide n'est guère employé dans la fabrication des poudres. En effet, quand on mouille des mélanges d'acide picrique et de nitrates, dans le but d'éviter le danger des triturations, l'acide picrique déplace les bases même à froid, et l'acide nitrique disparaît pendant la dessiccation; la poudre est alors en réalité à base de picrates. Cette

réaction peut être dangereuse avec les chlorates à cause de la mise en liberté de peroxyde de chlore.

Actuellement, l'acide picrique pur a pris une importance considérable dans les arts militaires comme explosif de rupture et pour le chargement des obus brisants et des obus torpilles. Il a en effet des qualités précieuses : il a une puissance supérieure au coton-poudre et à la dynamite, il est très peu sensible aux chocs; il est chimiquement très stable, non susceptible de congélation, d'exsudation, de liquéfaction ou d'évaporation. Il n'est pas hygroscopique et est insensible aux variations de la température atmosphérique. Il faut seulement prendre la précaution de ne pas le mettre en contact avec des métaux ou des corps susceptibles de former des picrates.

Poudres diverses à base d'acide picrique. —

Poudre à l'acide picrique (Borlinetto).

Acide picrique.	10
Nitrate de sodium	10
Bichromate de potassium . .	8,3

Poudre verte.

Chlorate de potassium . . .	14
Acide picrique.	4
Ferrocyanure de potassium .	3

Cette poudre a été essayée dans les obus en France.

Hérakline (Dickerhoff) poudre de mine.

Acide picrique.	500
Azotate de potassium. . . .	500
Eau bouillante.	36000

On fait absorber la solution par 15 kilogrammes de sciure de bois. On sèche, on mêle cette poudre avec du nitrate de potassium, du nitrate de sodium, du soufre dans diverses proportions.

Explosif de Turpin. — On pulvérise de l'acide picrique et on le comprime en cartouches; on peut ajouter de la gomme arabique, des huiles lourdes ou du collodion pour former une pâte.

Si on soumet la masse à la fusion, on obtient une matière explosive très peu sensible au choc.

Mélinite (française) ou **lyddite** (anglaise) de Turpin.

Turpin a découvert que l'acide picrique fondu résiste parfaitement au choc au départ des projectiles lancés aux plus grandes vitesses. Il en a proposé l'emploi pour le chargement des obus-torpilles.

La mélinite ou la lyddite est donc simplement de l'acide picrique fondu (D = 1. 6) et coulé dans les obus.

La fusion s'opère à 122° 5 dans une marmite émaillée ou étamée à l'étain fin; elle est plongée dans un bain d'huile dont on vérifie la température au moyen d'un thermomètre. Afin d'avoir de l'acide picrique bien fluide, on peut amener sa température à 130-135°.

L'acide est ensuite coulé dans les obus préalablement étamés intérieurement à l'étain fin ou ayant reçu une couche de vernis infusible à la température de coulée (vernis à la laque japonaise). On a soin de ménager au centre du bloc un canal pour recevoir le cylindre détonateur second. Ce canal peut être obtenu en faisant usage d'un entonnoir dont la queue forme un mandrin réservant l'emplacement du détonateur second.

Ce canal peut être réservé aussi au moyen du cylindre détonateur second lui-même qui vissé à la tête porte fusée de l'obus est plongé dans la masse liquide, et enlevé après la prise.

Le détonateur second consiste en un cylindre métallique étamé ou vernis chargé d'une cartouche d'acide picrique comprimé à la presse; on ménage au centre un canal pour le détonateur au fulminate de mercure de 3 grammes.

La compression de l'acide picrique et du fulminate de mercure doit être suffisante pour pouvoir résister au choc au départ, ce qui s'obtient par des expériences de tir.

Le détonateur au fulminate de mercure est mis en relation avec une fusée à temps ou percutante; on peut aussi faire usage de fusées percutantes à effet retardé.

Shimose japonaise. — Elle a été retirée d'un obus japonais de 85 mm. trouvé non éclaté en Mandchourie. Le projectile comprend 2 parties : une cylindrique (corps) et une ogivale (tête) vissée sur la première. La charge explosive se compose également de deux parties : une cylindrique avec canal central et une partie conique

qui s'adapte à la partie ogivale de l'obus. Chaque partie du chargement est soigneusement enveloppée d'une feuille mince d'étain et d'un papier parchemin, le tout recouvert de cire ou de paraffine.

Dans le culot est vissée la fusée.

L'analyse de la matière explosive prouve que c'est de l'acide picrique fondu. C'est une masse fondue de couleur jaune foncé, finement cristallisée et d'une structure très homogène. D = 1.63. Point de fusion 113-119°. Renferme 18,45 °/₀ d'azote.

L'analyse avec le picrate de synchonine donne 99,8 °/₀ d'acide picrique pur.

Le détonateur second est de l'acide picrique comprimé à point de fusion de 120° : teneur en azote 18,30 °/₀, teneur 99,9 °/₀ d'acide picrique. — C'est donc un chargement à la mélinite.

L'obus renferme une charge de 800 grammes.

Dans quelques pays, la mélinite est coulée dans des gaines métalliques épousant la forme intérieure de l'obus et que l'on glisse dans celui-ci.

Pour abaisser le point de fusion, on peut mélanger à l'acide picrique des hydrocarbures aromatiques nitrés à un plus bas point de fusion. Le trinitrololuol se présente bien à cet égard (point de fusion 72/74°) et d'autant plus que ses propriétés explosives se rapprochent de celles de l'acide picrique; on pourrait même l'employer pur, il a sur l'acide picrique l'avantage de ne pas donner des sels métalliques explosifs.

Les résultats avec ces explosifs brisants ne sont pas l'idéal, à cause de la trop grande pulvérisation du projectile dont les éclats n'agissent pas à grande distance.

Quant aux obus torpilles à charges considérables, leurs effets de fougasse ou de destruction au contact sont énormes.

La mélinite sert beaucoup actuellement à la fabrication de cartouches de rupture pour les troupes du génie et de la cavalerie en remplacement de la dynamite, tonite, etc.

On a aussi proposé le mélange d'acide picrique et de fulmicoton sous forme de collodion (Lénite).

Acide picrique . . .	48	
Coton-poudre	52	(collodion).

Au lieu de faire usage d'acide picrique fondu, on peut aussi comprimer la matière. La fusion de l'acide picrique dans des vases métalliques provoque la formation de picrates dont la stabilité est beaucoup moindre. L'acide picrique doit rougir le papier de tournesol. Sa neutralité ou son alcalinité prouve la présence de picrates.

Ecrasite. — Elle est adoptée en Autriche pour le chargement des obus brisants, pour les pétards et les cartouches de rupture.

L'explosif est à base d'acide picrique. Il est d'une grande stabilité. Il brûle au contact d'une flamme. En présence d'un corps oxydant, la combustion devient vive et elle peut se transformer en détonation. Le corps contient un excès de carbone. Dans les obus, la matière pulvérulente est rendue solide. La puissance explosive est plus grande que celle de la dynamite.

Emmensite inventée par le Dr Emmens. — On fait dissoudre de l'acide picrique dans AzO^3H et on évapore. On fond au bain de paraffine 5 p. de ce résidu avec 5 p. d'azotate d'ammonium, puis on ajoute 6 p. d'acide picrique.

Oxonite.	Acide nitrique (1,5)	54
	Acide picrique fondu	46

Diénite. — Mélange d'acide picrique avec 10 à 30 % de nitrotoluol en poudre.

Victorite.	Acide picrique. . . .	110
	$KClO^3$	80
	KNO^3	10
	Charbon de bois . . .	5

très sensible à la friction.

§ 3. — PICRATES.

441. — Les picrates alcalins sont surtout employés, on les obtient facilement en saturant des solutions aqueuses d'acide picrique par un sel soluble alcalin ; on évapore et on lave les cristaux à l'eau pure.

La formule de fabrication est la suivante :

$$2C^6H^2(AzO^2)^3OH + CO^3M^2 = 2C^6H^2(AzO^2)^3OM + CO^3H^2.$$

M = radical monovalent : K Na, AzH^4....

Comme l'acide picrique n'est pas très soluble dans l'eau, il vaut mieux saturer une solution chaude de sel soluble alcalin par l'acide picrique solide pulvérulent.

Picrate de potassium.

442. — *Formule :* $C^6H^2(AzO^2)^3OK$. — *Poids moléculaire :* **267.**
La formule particulière de fabrication est :

$$2C^6H^2(AzO^2)^3OH + CO^3K^2 = 2C^6H^2(AzO^2)^3OK + CO^3H^2.$$

Le calcul donne :

Acide picrique	458 parties.
Carbonate de potassium. . .	138 id.

On fait bouillir 2 litres d'eau de pluie et on y dissout 138 gr. de carbonate de potassium; on éloigne du feu et on ajoute peu à peu 458 gr. d'acide picrique solide en poudre. On laisse refroidir et on décante. On purifie par des cristallisations successives ou par des lavages à l'eau froide.

C'est un corps jaune cristallisant en longues aiguilles ou prismes jaunes ortho-rhombiques à reflet métallique. Il est très peu soluble dans l'eau qu'il teint cependant fortement en jaune.

100 parties d'eau dissolvent :

à 15°	0,38	parties de picrate de potassium.
à l'ébullition .	7	parties "

Il est presque insoluble dans l'alcool.

C'est une substance hautement explosive, à allure brisante; elle déflagre avec beaucoup de force à l'air libre par l'approche d'un corps en ignition à 300°; elle détone par le choc violent. Dangereuse à manier; sa poussière peut s'enflammer à distance.

Les produits de sa décomposition varient suivant les circonstances :

$$2C^6H^2(AzO^2)^3OK =$$
$$Az^2 + 4CO^2 + 2AzO + 2CAzH + H^2O + CO^3K^2 + C^5 \text{ (air libre)}.$$

$$16C^6H^2(AzO^2)^3OK =$$
$$4CAzK + 6CO^3K^2 + 21CO^2 + 52CO + 22Az^2 + 3CH^4 + H^2 + 10C.$$

(densité de chargement : 0,5).

Quel que soit le mode de décomposition, il y a mise en liberté de carbone; le résidu est tout noir.

Force de la matière.

L'équation :

$$16C^6H^2(AzO^2)^3OK =$$
$$4CAzK + 6CO^3K^2 + 21CO^2 + 52CO + 22Az^2 + 3CH^4 + 10H^2 + 10C$$

donne :

$m = 4272$	$V_m = 2410,56$
$Q_{mp} = 3279,1$	$V_k = 564,27$
$Q_{mv} = 3340,9$	$t = 3299°$
$Q_{kp} = 767,58$	$f = 7658,71$
$Q_{kv} = 782,05$	$\alpha = 0,564.$
$W = 332372$	

443. Poudres au picrate de potassium nitraté. — Le manque d'oxygène du picrate de potassium rend son mélange avec les nitrates rationnel.

La formule de réaction à combustion complète est la suivante :

$$5C^6H^2(AzO^2)^3OK + 13AzO^3K = 9CO^3K^2 + 21CO^2 + 5H^2O + 14Az^2.$$

Elle donne comme composition du mélange :

Picrate de potassium .	504	
Salpêtre	496	(en pratique poids égaux).
	1000	

Force du picrate nitraté.

La formule précédente donne :

$m = 2649,3$	$V_m = 892,8$
$Q_{mp} = 2634,6$	$V_k = 336,9$
$Q_{mv} = 2657,49$	$t = 4103°$
$Q_{kp} = 994,46$	$f = 5599,19$
$Q_{kv} = 1003,09$	$\alpha = 0,336.$
$W = 426313$	

Poudres Dessignoles (1869).

	Torpilles	Mines	Ordinaire	Canons	Gros calibres	Fusils.	
Picrate de potassium.	55	50	16,4	9,6	9	28,6	22,9
Nitrate de potassium.	45	50	74,4	79,7	80	65,0	69,4
Charbon de bois . .	—	—	9,2	10,7	11	6,4	7,7
	100	100	100,0	100,0	100	100,0	100,0

Les matières sont battues pendant six heures au moyen de pilons avec 14 % d'eau; on soumet le mélange à la presse hydraulique, on concasse la galette et on grène. Les grains pour fusils ont 2 millimètres de diamètre; ceux pour canons ont une forme irrégulière. Le danger de fabrication ne paraît pas être plus grand que pour la poudre noire. Ces poudres sont trop brisantes; mais elles peuvent être avantageuses pour le chargement des torpilles. La force dépasse beaucoup celle de la poudre noire, mais elle est inférieure à celle du coton-poudre et de la dynamite.

444. Poudre au picrate de potassium chloraté. — La combustion complète se fait d'après la formule :

$$6C^6H^2(AzO^2)^3OK + 13KClO^3 = 3CO^3K^2 + 33CO^2 + 6H^2O + 9Az^2 + 13KCl.$$

Elle exige :

Picrate de potassium	267
Chlorate de potassium	265,7

Donc à poids égaux.

Force du picrate chloraté.

La formule précédente donne :

$m = 3194,5$	$V_m = 1071,36$
$Q_{mp} = 3714,8$	$V_k = 335,37$
$Q_{mv} = 3742,27$	$t = 4169°$
$Q_{kp} = 1162,8$	$f = 5656,04$
$Q_{kv} = 1171,4$	$\alpha = 0,335.$
$W = 497845$	

Cette poudre est très dangereuse à manier.

Le 16 mars 1869, une explosion formidable ébranla tout le quartier de la Sorbonne à Paris. C'était le magasin de produits chimiques de Fontaine qui sautait. Les dégâts furent énormes; six personnes furent tuées.

C'est pendant que les employés de M. Fontaine étaient occupés à transvaser, à l'intérieur du laboratoire, une quantité considérable de picrate de potasse qu'arriva la terrible détonation. Fontaine, à cette époque, s'occupait du chargement de torpilles.

Picrate de sodium.

Formule : $C^6H^2(AzO^2)^3ONa$.

445. — Fabrication analogue au picrate K : 231 gr. CO^3Na^2 + 1 kg. acide picrique.

Il se présente sous forme d'aiguilles jaunes, plus solubles dans l'eau que le picrate de potassium. Il a les mêmes propriétés explosives que ce dernier, mais un peu mitigées.

La force est analogue à celle du picrate de potassium. Ce corps se mélange aux azotates et aux chlorates et donne des poudres semblables à celles à base de picrate de potassium.

Picrate d'ammonium.

446. — *Formule :* $C^6H^2(AzO^2)^3O . AzH^4$.

Poids moléculaire = 246.

On sature une solution d'acide picrique par un courant d'ammoniaque gazeuse. Il suffit de chauffer l'ammoniaque liquide placée dans un ballon muni d'un tube recourbé et dont l'extrémité inférieure plonge dans la solution chaude d'acide picrique. Lorsque celui-ci laisse dégager des vapeurs ammoniacales, la saturation est achevée et on laisse refroidir; le picrate d'ammonium cristallise lentement en belles aiguilles jaunes enchevêtrées. On peut faire usage du carbonate d'ammonium ou même d'ammoniaque liquide.

Propriétés. — Il cristallise en prismes ortho-rhombiques jaune orange, assez solubles dans l'eau, peu dans l'alcool.

Il se comporte en présence d'un corps en ignition et à l'air libre

tout autrement que les deux picrates précédents ; il brûle lentement comme une résine en dégageant d'abondantes fumées noires formées de carbone. Il ne détone pas par un choc violent du marteau.

447. Picrate d'ammonium nitraté. — La formule de combustion totale par le salpêtre est :

$$5C^6H^2(AzO^2)^3OAzH^4 + 16AzO^3K = 22CO^2 + 18Az^2 + 15H^2O + 8CO^3K^2.$$

Composition :

Picrate d'ammonium	432
Nitrate de potassium	568
	1000

Ce mélange ne détone que partiellement par un choc très violent ou par un frottement très vif. Il fuse à l'air libre et donne une explosion violente en vase clos. Il peut servir au chargement des obus.

Cette poudre a fait en France l'objet d'études consignées dans un rapport de M. Lambert, ingénieur en chef des poudres et salpêtres (*Mémorial des poudres et salpêtres*, t. II, p. 16).

Le picrate est séché, pulvérisé et mélangé avec le salpêtre à l'état sec au moyen de tamisages répétés 50 fois. On humecte de 6 % d'eau, on abandonne la matière à elle-même plusieurs jours ; on comprime, on concasse au maillet et on grène.

On a conclu des expériences de tir qu'il paraît possible avec les poudres au picrate d'ammonium de réaliser dans les canons de 90^{mm} et de 155^{mm} des vitesses égales ou supérieures aux vitesses réglementaires, avec des charges et des pressions inférieures à celles de la poudre noire. Ces poudres sont plus sensibles à l'humidité que la poudre noire.

La poudre au picrate doit contenir une certaine dose d'humidité afin d'empêcher les pressions trop élevées dans les bouches à feu.

Il faut par conséquent faire usage de procédés de conservation qui assurent à l'explosif le maintien du taux exact d'eau qu'il doit renfermer.

La formule de combustion totale donne :

m	= 2847,6	V_m	= 1227,6
Q_{mp}	= 2863,7	V_k	= 431
Q_{mv}	= 2895,18	t	= 3561°
Q_{kp}	= 1005,6	f	= 6277
Q_{kv}	= 1016,7	α	= 0,336.
W	= 432097		

448. Poudre au picrate d'ammonium et au nitrate d'ammonium. — La formule de combustion totale est :

$$C^6H^2(AzO^2)^3O.AzH^4 + 8\,AzO^3.AzH^4 = 6\,CO^2 + 19\,H^2O + 10\,Az^2.$$

L'explosion ne fournit que des gaz; ce mélange peut servir poudre sans fumée, mais le nitrate d'ammonium est hygroscopiq

Force du mélange.

La formule précédente donne :

m	= 886	V_m	= 781l20
Q_{mp}	= 886,5	V_k	= 881,71
Q_{mv}	= 906,53	t	= 2273°
Q_{kp}	= 1000	f	= 8544,28
Q_{kv}	= 1023	α	= 0,881.
W	= 434775		

La force de cette poudre dépasse celle aux picrates de potassi et de sodium.

Maizite (explosif de rupture). Pesci et Zini.

Picrate d'ammonium . . .	60,59	27,26
Nitrate » . . .	39,41	72,24

449. Poudre au picrate d'ammonium chloraté. — La formu de combustion totale pour le chlorate de potassium est :

$$3\,C^6H^2(AzO^2)^3OAzH^4 + 8\,KClO^3 = 18\,CO^2 + 9\,H^2O + 6\,Az^2 + 8\,KCl.$$

Soit : 738 de picrate
970 de chlorate.

Cette poudre est dangereuse à manier; elle détone par le choc par la friction.

Force du mélange.

La formule précédente donne :

m	$= 1733$	V_m	$= 736,5$
Q_{mp}	$= 2058,7$	V_k	$= 425$
Q_{mv}	$= 1187,8$	t	$= 3582°$
Q_{kv}	$= 1198,7$	f	$= 6223,83$
W	$= 509490$	α	$= 0,425$

450. Poudre picrique (Brugère).

Picrate d'ammonium	54
Salpêtre	46

Cette poudre est fabriquée et grenée comme la poudre noire. Chauffée avec précaution, elle ne subit pas de modification jusqu'à 150°. Soumise longtemps à l'action de l'eau, elle se décompose et donne du picrate de potassium et du nitrate d'ammonium déliquescent. La force est plus grande que celle de la poudre ordinaire et elle donne moins de fumée dans les armes à feu.

La fabrication n'offre pas plus de difficultés ni de dangers que celle de la poudre noire.

Poudre hygroscopique à cause de la formation du nitrate d'ammoniaque.

Observation. — Lorsque la matière explosive est acide comme l'acide picrique, ses sels formés à l'avance (picrates) donneront un effet utile moindre que les simples mélanges d'acide picrique et d'oxydes métalliques, attendu que leur formation entraîne au moment de l'union de l'acide avec l'oxyde un dégagement de chaleur, c'est-à-dire une perte d'énergie.

Mais, par compensation, les simples mélanges seront plus dangereux, moins stables et exposés à des explosions spontanées en raison de la combinaison possible entre l'acide et l'oxyde métallique.

Les mélanges d'acide picrique et de chlorates sont sous ce rapport les plus à suspecter.

451. Feux pyrotechniques. — Le picrate d'ammonium sert quelquefois de base à la fabrication des feux de Bengale ; leur combustion est lente et leur flamme extrêmement brillante.

	I Vert	II Rouge	III Blanc	IV Gerbes d'or.
Picrate d'ammonium.	48	54	Mélange	50
Nitrate de baryum .	52	—	parties égales	—
Nitrate de strontium.	—	46	I et II	—
Picrate de fer . . .	—	—		50

Ces feux, dits sans odeur, dégagent une fumée âcre qui provoque la toux.

Poudre Curtis et André.

Picrate d'ammonium	55,56
Nitrate de baryum	33,33
„ de potassium.	2,78
Nitrocellulose	8,33

Crémonites (Alvizi).

Perchlorate d'ammonium . . .	51	49
Acide picrique	49	
Picrate d'ammonium	—	51

Acide isopurpurique. — Son sel de potassium s'obtient en mélangeant

Picrate d'ammonium . 1 } $C^6H^3(NO^2)^3 . NH^4 + 3KCN + 3H^2O$
Cyanure de potassium . 2 } $= (C^8H^4N^5O^6)K + CO^2 + NH^3 + 2KHO$

Le cyanure est mis en bouillie avec un peu d'eau et on abandonne à froid quelques heures. On ajoute alors un peu plus d'eau et on chauffe à 50°; on laisse refroidir, on filtre, on presse la masse, on lave à l'eau froide, puis on dissout dans l'eau bouillante; on abandonne et l'isopurpurate se dépose.

Cristaux rouges, verts par réflexion faisant explosion sous le choc.

452. Picrate de fer. — Il s'enflamme facilement par la friction ou le choc; il brûle en lançant des étincelles. En frappant sur un tuyau de vapeur sur lequel de l'acide picrique s'était déposé, un ouvrier mit le feu au picrate de fer qui fit faire explosion à un séchoir et à un magasin de l'usine Read et Cie à Hubbersfield, en Angleterre.

En coulant de l'acide picrique fondu dans des obus non étamés ou non vernis, on risque de former des doses notables de picrate de fer qui peut être la cause d'une explosion prématurée dans l'âme de la bouche à feu.

453. Picrate mercurique (Varet). — On ajoute peu à peu à une solution d'acide picrique à 80° du HgO fraîchement précipité. En faisant bouillir ce mélange, on obtient l'anhydride mercuripicrique. La transformation est quantitative au bout de quelques jours; mais il est plus commode de ne faire bouillir que quelques heures et séparer ensuite les deux sels. Par refroidissement, l'anhydride se sépare et on le purifie par cristallisation dans l'eau après avoir été lavé à l'alcool et à l'eau. Le picrate mercurique vrai est soluble H^2O et alcool; tandis que l'anhydride est moins soluble dans l'eau. Réaction neutre.

454. Picrates de plomb. — Sel neutre

$$\{C^6H^2(NO^2)^2O\}^2Pb, 2H^2O.$$

On l'obtient par l'action d'un picrate alcalin sur l'acétate de plomb un peu acide et chaud.

C'est un corps très explosif, d'une grande densité, détonant avec violence à la capsule. Il conviendrait au chargement des obus brisants à l'état comprimé.

Picrates basiques de plomb. —

$$1^\circ \quad \{C^6H^2(NO^2)^3O\}^2Pb, 4PbO.$$

On précipite une solution étendue et bouillante d'acétate de plomb par le picrate d'ammonium étendu de beaucoup d'ammoniaque.

$$2^\circ \quad \{C^6H^2(NO^2)^3O\}^2Pb, 2PbO, 3H^2O.$$

On ajoute de l'ammoniaque à un mélange de picrate d'ammonium et d'acétate de plomb un peu acidulé.

455. Picrate de calcium. — Il est moins violent que le picrate de plomb. Il faut éviter pour les magasins les murs en chaux. Le 27 juin 1890, à Rheinau, près de Mannheim, 4500 kg. d'acide picrique prirent feu dans un séchoir; l'incendie s'étendit ensuite à un atelier d'emballage. Après 25 minutes, une explosion faible décomposa

930 kg. d'acide; puis 8 minutes après, 810 kg. d'acide humide détonèrent violemment, 5 minutes après, 590 kg. d'acide humide détonèrent à leur tour. Ces explosions furent causées par des platras qui tombèrent dans l'explosif, car, dans une étuve, 2475 kg. d'acide brûlèrent paisiblement.

456. Ammonio-picrates métalliques. — On dissout l'oxyde métallique dans l'ammoniaque et on traite la solution par le picrate d'ammonium.

Ce sont des corps cristallisant en fort beaux cristaux :

Sel d'argent. — $C^6H^2(NO^2)^3O . Ag + 2NH^3$.

Sel de cuivre. — $\{C^6H^2(NO^2)^2O\}^2Cu + 2NH^3$.

Ces sels sont peu solubles dans l'eau qui finit par les décomposer.

457. Éther picrique = Picrate d'éthyle $C^6H^2(NO^2)^3O.C^2H^5$.

On traite le picrate d'argent par l'iodure d'éthyle en excès (5 fois son poids); on chasse l'iodure par distillation et on reprend le résidu par 8 p. d'alcool bouillant.

458. Picrates d'hydrocarbures. — On dissout l'hydrocarbure à chaud dans l'alcool et on y mèle une solution alcoolique d'acide picrique saturée à froid, ou mieux encore on dissout le carbure à chaud dans une solution alcoolique d'acide picrique et on fait bouillir quelques instants. La combinaison se sépare par le froid.

Picrate de benzine. — $C^6H^2(NO^2)^3O.C^6H^6$.

Il est instable et se transforme à l'air en acide picrique.

Picrate de naphtaline. — $C^6H^2(NO^2)^3O.C^{10}H^8$.

Picrate d'anthracène. — $C^6H^2(NO^2)^3O.C^{14}H^{10}$.

§ 4. — PHÉNOLS NITRÉS COMPLEXES.

Phénols chloronitrés.

459. — Nous nous contenterons de citer les substitutions suivantes, qui seules ou en mélange avec des nitrates et des chlorates, peuvent fournir des poudres explosives :

Le chloronitrophénol.	$C^6H^3.OH.Cl.AzO^2$	plusieurs isomères.
Le chlorodinitrophénol.	$C^6H^2.OH.Cl.(AzO^2)^2$	id.
Le dichloronitrophénol.	$C^6H^2.OH.Cl^2.AzO^2$	id.
Le trichloronitrophénol.	$C^6H.OH.Cl^3.AzO^2$	id.

Phénols bromonitrés.

460. — Nous citerons :

Le bromonitrophénol.	$C^6H^3.OH.Br.AzO^2$	plusieurs isomères.
Le bromodinitrophénol.	$C^6H^2.OH.Br.(AzO^2)^2$	id.
Le dibromonitrophénol.	$C^6H^2.OH.Br^2.AzO^2$	id.

Le bromodinitrophénol s'obtient en chauffant du brome avec le dinitrophénol α. Le brome dissout celui-ci, et le refroidissement le fait cristalliser. On lave à l'alcool.

Fusion 119°. Détone par chauffe brusque. Il donne de beaux sels ressemblant aux dinitrophénols.

Catactines *(Chandelon).* — Emploi de picrates d'hydrocarbures simples, nitrés ou chloronitrés additionnés d'azotates ou de chlorates alcalins.

Phénols iodonitrés.

461. — Ils sont semblables aux précédents.

Les phénols chloro, bromo, iodonitrés, donnent des sels métalliques par la substitution de l'atome d'hydrogène du radical OH par le métal. Beaucoup de ces sels sont explosibles.

Phénols nitroamidés.

462. — Par la réduction des phénols nitrés, on obtient des amidophénols d'où dérivent des nitro-amidophénols.

La réduction du nitrophénol donne $C^6H^4(AzH^2)OH$ l'amidophénol.

La réduction du dinitrophénol donne $C^6H^3(AzH^2)^2OH$ le diamidophénol.

La réduction du trinitrophénol donne $C^6H^2(AzH^2)^3$ OH le triamidophénol.

On voit que le radical azotyle AzO^2 des nitrophénols a été remplacé par le radical AzH^2.

Ces amidophénols peuvent laisser remplacer un ou plusieurs de leurs atomes d'hydrogène par le radical azotyle.

On obtient ainsi :

L'amidonitrophénol $C^6H^3 . AzO^2 . AzH^2 . OH$.
Le dinitramidophénol $C^6H^2 . (AzO^2)^2 . AzH^2 . OH$.

Le premier s'obtient en réduisant l'acide dinitrophénique ; on chauffe son sel ammoniac avec une solution de sulfhydrate d'ammonium.

Le dinitramidophénol ou **acide picramique.** — L'acide picrique renfermant trois groupes AzO^2, peut sucessivement, par réduction, fournir des dérivés dans lesquels 1, 2 ou 3 groupes AzO^2 sont transformés en AzH^2 et donner ainsi 3 produits de réduction :

Le dinitramidophénol ou acide picramique $C^6H^2(AzO^2)^2 AzH^2 . OH$.
Le nitrodiamidophénol . . . . . $C^6H^2(AzO^2)(AzH^2)^2 . OH$.
Le triamidophénol ou picramine . . . $C^6H^2(AzH^2)^3 . OH$.

Pour préparer l'acide picramique, on dissout l'acide picrique dans de l'alcool froid ; on ajoute directement un excès de sulfhydrate d'ammonium et on évapore au bain-marie ; puis on reprend par l'eau bouillante et l'on décompose enfin, par l'acide nitrique, le picramate d'ammonium. L'acide picramique se dépose au bout de quelque temps sous forme de tables ou d'aiguilles rouge grenat très brillantes. L'acide picramique donne une grande quantité de sels.

Explosifs Turpin.

1°	Acide picramique	30 à 50	2°	Picramate Na	20
	Salpêtre potassique	70 à 50		Nitrate Ba	60
	Picramate de soude	25 à 53		Nitrobenzène	10
	Azotate K	75 à 47		Nitrophénol	10

Nitrodiamidophénol. — $C^6H^2(AzO^2)(AzH^2)^2 . OH$.

On ajoute à de l'acide picrique un excès d'ammoniaque et on fait barboter dans le liquide de l'hydrogène sulfuré ; il se forme d'abord de l'acide picramique, qui se réduit à son tour ; on concentre, on filtre, on ajoute de l'acide acétique.

C'est un corps qui détone facilement.

Les diamidonitrophénates sont peu stables.

Dérivés chloro-nitro-amidés du phénol.

463. Nitrochloroamidophénol. —

Formule : $C^6H^2Cl(AzO^2)(AzH^2)OH$.

Préparation. — On réduit d'abord le dinitrochlorophénol qui donne un dérivé amidé : le nitrochloroamidophénol; celui-ci est mis en digestion avec le sulfhydrate d'ammonium.

C'est un corps solide fusible à 160°; soluble dans l'eau bouillante.

Les sels sont insolubles, jaunes ou bien rouges; ils détonent par la chaleur.

§ 5. — DÉRIVÉS AZOÏQUES DES AMIDOPHÉNOLS.

Diazonitrophénol.

464. – *Formule :* $C^6H^3(AzO^2)\ Az^2O$.

Préparation. — On dirige un courant de gaz nitreux dans une solution éthérée de nitramidophénol.

$$C^6H^4(AzO^2)(AzH^2)O + AzO^2H = 2H^2O + C^6H^3(AzO^2)Az^2O.$$

Il se précipite un corps brun jaune qui détone avec violence à 100°.

Diazodinitrophénol.

Formule : $C^6H^2(AzO^2)^2Az^2O$.

Préparation. — On fait agir le gaz nitreux sur l'acide dinitramidophénol. On obtient des lames jaune d'or détonant violemment par l'échauffement.

Diazonitrochlorophénol.

Formule : $C^6H^2(AzO^2)Az^2OCl$.

Préparation. — On ajoute de l'alcool saturé d'acide nitreux à du nitrochloroamidophénol : $C^6H^2(AzO^2)\ (AzH^2)OH$.

Le corps cristallisé dans l'alcool se présente sous la forme de larges cristaux prismatiques brun-rouge. Il détone violemment à 100°.

§ 6. — NITROPHÉNOLS BIVALENTS ET TRIVALENTS.

Résorcine. —

La résorcine est un phénol divalent : $C^6H^4(OH^2)$.

Elle se retire de différentes résines.

465. Nitrorésorcine. — $C^6H^3(AzO^2)(OH)^2$.

Elle s'obtient par l'action de l'acide nitrique sur la résorcine.

466. Trinitrorésorcine ou **acide oxypicrique.** — $C^6H(AzO^2)^3(OH)^1$.

On dissout 1 partie de résorcine dans 1 partie d'eau bouillante ; on laisse refroidir à 50° c., puis on verse 5 parties d'acide azotique (d = 1,45) froid ; on verse la solution azotique dans 20 parties d'acide sulfurique froid et, après 20 minutes, on précipite par l'eau glacée. On purifie par cristallisation dans l'eau bouillante.

On peut aussi simplement traiter la résorcine par l'acide sulfonitrique froid.

L'acide oxypicrique est un corps jaune qui cristallise en prismes hexagonaux solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther.

467. Oxypicrates. — L'acide oxypicrique donne un grand nombre d'oxypicrates qui sont explosifs.

Dérivés nitrés de la phloroglucine.

468. — La phloroglucine est un phénol trivalent : $C^6H^3(OH)^3$.

Elle est isomère de l'acide pyrogallique et se retire surtout de l'écorce du pommier.

469. Trinitrophloroglucine. — $C^6(AzO^2)^3(OH)^3$.

Elle s'obstient par l'action de la phloroglucine sur l'acide sulfonitrique. Ce sont des prismes hexagonaux pyramidés, très solubles dans l'eau chaude, l'alcool et l'éther ; ils fondent à 158° et détonent un peu au-dessus.

Ce corps forme des sels explosifs ; nous citerons, par exemple, les sels potassiques :

$C^6(AzO^2)^3(OK)^3$ sel neutre.

$C^6(AzO^2)^3(OK)^2OH$ sel dipotassique.

$C^6(AzO^2)^3(OK)(OH)^2$ sel monopotassique.

§ 7. — *Essais de l'acide picrique.*

470. Réactions qualitatives. — L'acide picrique est facile à qualifier dans les explosifs par sa couleur et son goût amer. Il teint facilement la peau, la laine, la soie.

Réactifs :

1° Sulfate de cuivre ammoniacal = précipité cristallin verdâtre d'ammoniopicrate de cuivre.

2° Dissoudre l'acide picrique dans l'alcool et ajouter un sulfure alcalin et un petit excès d'alcali = formation d'un picramate alcalin rouge.

3° Ébullition avec une solution concentrée de cyanure de potassium = coloration rouge d'isopurpurate de potassium; par addition de chlorure d'ammonium il se forme de l'isopurpurate d'ammonium ou murex artificiel employé dans la teinture de la soie et de la laine en beau rouge pourpre ($C^8H^4N^5O^6NH^4$).).

L'addition de $BaCl^2$ à l'un de ces sels donne un précipité rouge vermillon d'isopurpurate de baryum.

4° Les cristaux d'acide picrique et des picrates sont très faciles à reconnaître sous le microscope dans le cas où l'on ne possède qu'une très faible quantité de la matière.

5° Point de fusion : 122°5.

Essais de l'acide picrique commercial.

La solution d'acide picrique ne se trouble pas par le nitrate d'argent, ni par les sels de chaux et de baryum.

L'acide picrique peut contenir des substances étrangères dues aux agents de la fabrication ou à des réactions incomplètes :

1° Des substances résineuses ou composés nitreux provenant des huiles de houille.

Elles résistent à l'eau bouillante qui dissout l'acide picrique.

2° Des acides mono et binitrophéniques provenant d'une réaction incomplète.

On sature ces produits par l'eau de chaux, un excès de cette

base précipite des acides à l'état de sels moins solubles que le picrate de calcium et on peut les séparer presque complètement par cristallisation fractionnée.

3° Eau et acide nitrique si la matière est en pâte.

L'acide nitrique libre est reconnu par la limaille de cuivre qui fournit des vapeurs rutilantes.

L'eau se reconnaît à la dessiccation à 100°.

4° Acide oxalique dû à l'action trop prolongée de l'acide nitrique, se reconnaît par l'eau de chaux ou le picrate de calcium.

L'acide sulfurique est précipité par le picrate de baryum.
" chlorhydrique " " d'argent.
" oxalique " " de calcium.

Ces picrates réactifs s'obtiennent en faisant bouillir l'acide picrique avec les carbonates correspondants.

Pour reconnaître les impuretés en général, on peut employer le picromètre de Castelhar, composé d'un tube gradué terminé en dessous par un tube plus mince. On met dans l'appareil 1 gr. d'acide picrique puis 25 cc. d'éther, on bouche et on agite, l'acide se dissout tandis que les nitrates, picrates, acide oxalique, acide borique, alun, sucre restent insolubles; on laisse reposer, on décante, on filtre sur filtre pesé et après dessiccation on pèse le résidu, dont on peut faire ultérieurement l'analyse.

Pour déceler le sucre dans le résidu, on traite celui-ci par de l'alcool rectifié; seuls le sucre et l'acide borique se dissoudront : pour déceler celui-ci, il suffira d'enflammer la dissolution alcoolique qui brûle avec une couleur verte.

Les falsifications les plus communes sont : picrate de soude, nitrates K et Na, du sel marin, du sulfate de soude, de l'alun, du borax, de l'acide borique, du sucre.

La calcination de l'acide picrique ne doit laisser qu'un faible résidu.

On tolère généralement 0,3 % d'humidité, 0,3 % de constituants minéraux, 0,2 % de matières insolubles.

Analyse quantitative.

1° *Eau.* — On sèche un poids déterminé à l'étuve à 80-85 °.

2° *Point de fusion.* — On fait usage d'un tube à essai et on ntroduit un peu d'acide picrique; on plonge un thermomètre à etite boule et on fond; on prend la température au moment de a solidification; elle ne peut être inférieure à 120°.

3° *Matières insolubles.* — On dissout 4 grammes d'acide picrique ans l'eau distillée bouillante; on laisse déposer, on filtre sur iltre taré, on lave, on sèche et on pèse. Tolérance 0,1 °/₀.

4° *Résidu insoluble dans l'éther.* — On fait usage de 20 grammes 'acide picrique et l'on procède comme au 3°. Tolérance 0,2 °/₀.

5° *Cendres.* — On calcine le résidu du 4°.

6° *Acide sulfurique.* — Le liquide filtré au 3° est mis au volume e 300 cc. qu'on divise en 3 parties pour le dosage successif de 'acide sulfurique, du chlore et de l'acide oxalique.

Pour l'acide sulfurique, on emploie une solution de picrate de aryum; on filtre, on lave, on sèche, on calcine et on pèse le ulfate barytique. Tolérance d'acide sulfurique 0,05 °/₀.

7° *Chlore.* — On précipite par le picrate d'argent.

8° *Acide oxalique.* — Emploi du picrate de calcium.

Dosage de l'acide picrique.

1° On peut doser l'acide picrique sous forme de picrate de potassium. Si une solution concentrée de l'acide est traitée par le carbonate de potassium jusqu'à neutralisation, le picrate cristallise en aiguilles jaunes très peu solubles dans l'eau froide.

2° L'acide picrique forme avec la plupart des alcaloïdes des sels insolubles.

a) A la solution on ajoute du *sulfate de cinchonine* qui donne un picrate de synchonine $C^{19}H^{22}N^2O(C^6H^2(NO^2)^3.OH)^2$, le poids multiplié par 0,5 donne celui de l'acide picrique correspondant.

b) On dissout un poids d'acide picrique dans C^6H^6 et on précipite par une solution d'*acridine* dans C^6H^6, filtrer sur filtre double et peser.

$$C^{13}H^9N.C^6H^2(NO^2)^3OH \times 0,5613 = \text{acide picrique.}$$

L'acridine est un dérivé de l'anthracène.

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH\\ \|\\ CH\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 \quad \text{anthracène.}$$

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH\\ \\ N\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 \quad \text{acridine.}$$

Teneur en azote. — Le dosage de l'acide picrique peut s'effectuer en recherchant la teneur en azote de l'échantillon à essayer. La teneur = 18,34 %.

On fera usage de la méthode de Kjeldahl en travaillant sur $\frac{1}{2}$ gramme.

Williams procède comme suit : dans un ballon à long col, on fait digérer $\frac{1}{2}$ gr. de matière dans 30 cc. SO^4H^2 concentré, additionné de 2 gr. d'acide salycilique exempt d'azote.

Quand tout est limpide, on ajoute peu à peu 3 gr. d'hyposulfite de soude, puis on chauffe graduellement.

Quand la mousse s'est affaissée, on ajoute quelques gouttes de mercure métallique et on fait bouillir jusqu'à décoloration. A la fin, on ajoute un peu de permanganate de potassium. Lorsque l'oxydation est terminée, on laisse refroidir et on verse le contenu dans un flacon de distillation avec 200 cc. d'eau; on ajoute un peu de sulfure de potassium pour précipiter les sels de mercure et de la potasse caustique en excès : on distille et on reçoit l'ammoniaque dans un acide demi-normal que l'on titre avec une liqueur déci-normale d'ammoniaque comme à l'ordinaire.

CHAPITRE V.

TOLUÈNE ET SES DÉRIVÉS.

—

§ 1. — TOLUÈNE.

471. Toluol, méthylbenzène, hydrure de crésyl. — C'est le carbure qui suit la benzine dans la série des carbures aromatiques. La formule est $C^7H^8 = C^6H^5 . CH^3$ (méthyl-benzène). On l'obtient par la distillation fractionnée des huiles légères du goudron de houille.

C'est un liquide ressemblant beaucoup au benzène; il bout à 110°; sa densité est égale à 0,882 à 5°; insoluble dans l'eau, il brûle avec une flamme éclairante très fuligineuse.

L'acide nitrique attaque le toluène et donne des dérivés mono, bi, dinitrés, suivant la concentration de l'acide, la température, etc.

La substitution se fait toujours dans le noyau benzinique :

$$C^6H^5 . CH^3 + AzO^3H = H^2O + C^6H^4 . AzO^2 . CH^3.$$

Mononitrotoluène.

472. — *Formule :* $C^6H^4 . AzO^2 . CH^3$.

Il y a en réalité trois mononitrotoluènes isomères :

1° L'orthonitrotoluène (1,2) $C^6H^4 . (AzO^2)_{(2)} . CH^3$;

2° Le métanitrotoluène (1,3) $C^6H^4 . (AzO^2)_{(3)} . CH^3$;

3° Le paranitrotoluène (1,4) $C^6H^4 . (AzO^2)_{(4)} . CH^3$.

L'o-nitrololuène est liquide, bout à 218°.

Le m-nitroluène est liquide (fusion 17°), bout à 230°.

Le p-nitroluène est solide (fusion 31°), bout à 234°.

Il se forme en en même temps par l'action de l'acide azotique d'une densité de 1,5 à froid sur le toluène. L'acide à 1,42 n'attaque pas le toluène à froid. On mélange 1 partie de toluène avec 1,5

partie d'acide nitrique en versant le premier dans le second; on agite et on maintient la température sous + 15°. Il se forme surtout l'orthonitrotoluène. Au bout de dix heures, on verse dans l'eau. Il se sépare une huile ayant l'odeur de la nitrobenzine; on peut, par des distillations fractionnées, extraire de cette huile l'orthonitrotoluène pur.

Si l'on introduit une partie de toluène dans 3 à 4 parties d'acide nitrique à 1,5, chauffé à 30° c., on obtient une huile jaune contenant surtout du paranitrotoluène. L'huile est soumise à des distillations fractionnées; les portions qui passent au-dessus de 225°, laissent déposer par le refroidissement des cristaux de paranitrotoluène.

Industriellement, on agit comme pour le nitrobenzène. On obtient trois nitrotoluènes, on enlève le nitrotoluène solide pour ne garder que les deux autres liquides pour obtenir les binitrotoluènes.

On emploie

$$100 \text{ kg de toluène} + 260 \text{ kg } \left(NO^3H \text{ d} = 40^\circ B + SO^4H^2(66^\circ B)\right),$$

on peut séparer l'o. du p. nitrotoluène par le froid.

Le p. est solide, fusible à 51°, tandis que l'o. ne se solidifie pas à 20° .On refroidit vers cette température et on presse.

Binitrotoluène.

473. — $C^7H^6(AzO^2)^2 = C^6H^3(AzO^2)^2 . CH^3$.

On attaque le toluène par l'acide sulfo-nitrique, comme pour le binitrobenzène.

C'est un corps solide, cristallisé en aiguilles, fusible à 71°, bouillant à 300° en se décomposant en partie, insoluble dans l'eau.

Dans cette fabrication, il y a en réalité trois dinitrotoluènes (α, β, γ) isomères.

Trinitrotoluène.

474. Trinitrotuol. — $C^6H^2(NO^2)^3.CH^3$

Haussmann conseille de nitrater l'o-p-dinitrotoluène dont la fabrication s'opère comme suit :

Acide nitrique (91-92 %) . . . . 75 p.
Acide sulfurique (95-96 %) . . . 150
On verse peu à peu dans paranitrotoluène, 100 p.;

on agite et on maintient entre 60-65°; on porte ensuite à 80° pendant 30 minutes; on laisse refroidir et on enlève l'excès des acides. Il reste une masse cristalline de o-p-dinitrotoluène.

On dissout dans 4 fois le poids de SO^4H^2 (95-96 °/₀), on chauffe modérément, puis on laisse refroidir et on ajoute 1,5 p. en poids d'acide nitrique (90-92 °/₀) et on laisse la nitration se produire; on chauffe ensuite entre 90-95° en remuant de temps en temps jusqu'à cessation de vapeurs nitreuses, ce qui dure 4-5 heures. On laisse refroidir et reposer pour que les produits se déposent par ordre de densité. On enlève l'excès des acides, et la partie restante est lavée à l'eau chaude d'abord puis à la soude très diluée ensuite.

Le trinitrotoluol se dépose sous forme de cristaux blancs brillants fondant à 81°5. Rendement 150 °/₀.

La pureté du trinitrotoluol dépend de la pureté des matières premières.

Commercialement il existe 3 trinitrotoluols :

1° Trinitrotoluol fusible à 72/74°;
2° " " 77/79°;
3° " " 81/82°;

ce dernier ne peut être obtenu par la nitration, mais bien par la purification par cristallisation du nitrotoluol 77/79 dans l'alcool. Le trinitrotoluol 72/74 est beaucoup employé dans les explosifs. Sa fabrication a pris une grande extension.

Le trinitrotoluol à 81/82° peut remplacer l'acide picrique.

Le trinitrotoluol cristallise en fins cristaux couleur jaune clair, n'ayant ni goût amer, ni odeur. Il n'a aucune action sur la peau et est par conséquent d'un maniement inoffensif.

C'est un corps chimiquement stable, neutre, non altérable par l'air, l'humidité. Il n'a aucune action sur les métaux ou leurs oxydes. Par la compression, on peut lui donner une densité de 1,60-1,65.

Sous l'influence de la chaleur, il fond et brûle avec une flamme fuligineuse.

Il détone avec violence, même à l'air libre, par un détonateur au fulminate de mercure. Sa force est d'environ 34/37 de celle de l'acide picrique.

C'est donc une matière remarquable qui, sans avoir les inconvénients de l'acide picrique vis-à-vis des métaux et leurs oxydes, les nitrates et chlorates, en possède les allures explosives générales avec une brisance considérable. Elle est actuellement beaucoup employée dans les explosifs industriels et elle remplace les hydrocarbures nitrés autrefois employés.

Allendorff à Schönebeck a fabriqué un explosif pour obus torpilles en mêlant la gélatine formée d'un mélange de binitrotoluol avec du coton-poudre soluble pour y combiner du trinitrotoluol et un oxydant et obtenir une matière plastique d'une densité de 1,85 à 1,90 développant une puissance plus grande que l'acide picrique et que le CP. On peut augmenter la densité par l'addition de nitrate de plomb pour le chargement des obus-torpilles.

La Macarite est un mélange de trinitrotoluol et de nitrate de plomb. La formule de combustion complète est :

$$21(NO^3)^2Pb + 12C^7H^5(NO^2)^3 = 84CO^2 + 30H^2O + 39N^2 + 21Pb$$

D'après cette formule, la composition est

Nitrate de plomb	71,9
Trinitrotoluène	28,1

L'explosif est comprimé ou fondu, il possède une grande densité. Proposé pour les obus brisants et les obus torpilles (1899).

Explosif Divine (1895). — Mélange de dinitrobenzine ou dinitrotoluène, additionné de nitrate de plomb.

Explosif Polis. — Mélange de nitrotoluène et de nitrate de plomb. Dans certains pays l'emploi du nitrate de plomb est défendu dans les mélanges explosifs, à cause de l'instabilité plus grande de ce corps.

Dérivés chloronitrés du toluène.

475. — Nous citerons :

Le monochloro-mononitrotoluène $C^7H^6ClAzO^2 = CH^3 — C^6H^3ClAzO^2$.

Le dichloro-nitrotoluène $C^7H^5Cl^2AzO^2 = CH^3 — C^6H^2Cl^2AzO^2$, etc., comme la benzine.

Dérivés bromo-nitrés.

Analogues aux précédents.

Dérivés iodonitrés.

Analogues aux précédents.

Dérivés iodochloronitrés.

Monoiodo-monochloro-mononitro-toluène.

$$C^7H^5ICl(AzO^2) = CH^3 - C^6H^2CHAzO^2, \text{ etc.}$$

Dérivés bromoiodonitrés.

Nitrobromoiodotoluène. — $C^7H^5BrIAzO^2$.

§ 2. — PHÉNOL TOLUIDIQUE ET DÉRIVÉS NITRÉS.

476. — *Synonymes :* Crésylol, phénol crésylique, crésol, acide crésylique.

Composition : $C^7H^7.OH. = C^6H^4.CH^3.OH$ méthylbenzénol.

Préparation. — On l'extrait des créosotes de goudron de houille, on l'isole des portions distillant entre 200° et 210°.

C'est un liquide incolore, réfringent, ayant une odeur de créosote. D = 1.044 bout de 185 à 200°.

Dérivés nitrés du crésylol.

477. — Nous citerons :

L'acide mononitrocrésylique $C^7H^6(AzO^2)OH$.
" binitrocrésylique $C^7H^5(AzO^2)^2OH$.
" trinitrocrésylique $C^7H^4(AzO^2)^3OH$.

Le crésol du commerce renferme 3 isomères o-p-méta crésol

bout à 200°	Méta crésol	40	dit Tricrésol.
199,5°	Para "	25	
188°	Ortho "	35	

Pour la nitrification, on fait surtout usage du métacrésol qui est un liquide épais, bouillant à 200°. L'ortho et le paracrésol sont solides et se nitrent mal; ils sont oxydés complètement à l'état d'oxyde oxalique.

Acide trinitrocrésylique et ses sels.

478. *Synonyme :* Trinitrocrésol.

$$C^7H^4(AzO^2)^3OH = C^6H\begin{cases}OH.\\(AzO^2)^3\\CH^3\end{cases}$$

On forme d'abord l'acide sulfocrésylique qu'on chauffe ensuite avec de l'acide nitrique concentré (la préparation est tout-à-fait analogue à celle de l'acide picrique).

Propriétés. — C'est un corps solide jaune, cristallisé en aiguilles, peu soluble dans l'eau froide ($\frac{1}{449}$), plus dans l'eau bouillante ($\frac{1}{123}$), soluble dans l'alcool et l'éther. Teint bien la soie et la laine. Il fond vers 100° en une huile jaune, qui cristallise par le froid. Chauffé, il déflagre comme l'acide picrique.

Sel de potassium. — $C^7H^4(AzO^2)^3OK$.

On sature le trinitrocrésol par un sel de potassium.

Ce corps se présente en petites aiguilles, très solubles, qui détonent par la chaleur.

Sel d'ammonium. — $C^7H^4(AzO^2)^3O.\ AzH^4$.

Il cristallise en petites aiguilles, solubles dans l'eau. Il détone par la chaleur. Grande stabilité.

Poudre à l'acide crésylique nitraté.

479. — *Formule de combustion totale :*

$$10C^7H^4(AzO^2)^3OH + 38AzO^3K = 51CO^2 + 25H^2O + 34Az^2 + 19CO^3K^2$$

Ce qui donne :

Acide crésylique.	2430.
Salpêtre	3838.

Soit pour 1 kilogramme :

Acide crésylique. . . .	334.
Salpêtre	666.

L'acide crésylique et les crésylates peuvent être mélangés avec des nitrates et des chlorates et donner une grande variété de poudres très violentes.

L'acide trinitrocrésylique peut donner, avec le nitrate d'ammonium, une poudre sans fumée.

La formule de combustion totale est :

$$2C^7H^4(AzO^2)^3OH + 19AzO^3.\ AzH^4 = 14CO^2 + 43H^2O + 22Az^2$$

Il en est de même du crésylate d'ammonium :

$$C^7H^4(AzO^2)^3.\ OAzH^4 + 11AzO^3.\ AzH^4 = 7CO^2 + 26H^2O + 13Az^2$$

Crésylite. — C'est l'acide trinitrocrésylique fondu : en usage dans les torpilles. On le manie exactement comme l'acide picrique. On l'obtient impur en traitant la créosote par l'acide sulfo-nitrique.

Écrasite. — Employée en Autriche comme explosif militaire. C'est le crésylate d'ammonium. On peut l'introduire en cartouches comprimées dans les obus. Comme explosif de rupture, on le moule à la presse en cartouches.

Le corps est peu sensible au choc, même à celui d'une balle; il s'enflamme au contact d'une flamme, résiste bien à l'humidité.

La force de l'écrasite serait pratiquement supérieure à celle de la dynamite.

Mélinite-crésylite. — On mélange $\frac{2}{3}$ d'acide picrique avec $\frac{1}{3}$ d'acide crésylique (qui abaisse la température de fusion).

Veltérine. — Mélange de trinitrocrésylate Am avec du nitrate d'ammoniaque.

480. — Les différents crésols fournissent un grand nombre de dérivés nitrés tels que :

o. crésol $C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^3{}_1\\OH_2\end{matrix}\right.$

qui donne quatre dérivés mononitrés

m. nitro. o. crésol $= C^6H^3(CH^3)_1(OH)_2(NO^2)_3$
p. nitro. o. crésol $= C^6H^3(CH^3)_1(OH)_2(NO^2)_4$
m. nitro. o. crésol $= C^6H^3(CH^3)_1(OH)_2(NO^2)_5$
o. nitro. o. crésol $= C^6H^3(CH^3)_1(OH)_2(NO^2)_6$.

Dinitrocrésols $C^6H^2.(CH^3)_1(OH)_2(NO^2)^2_{3.5}$ poison violent.

m. crésol $C^6H^4\begin{cases}CH^3{}_1\\OH_3\end{cases}$

donne

p. nitro. m. crésol = $C^6H^3(CH^3)_1(OH)_3(NO^2)_4$
m. nitro. m. crésol = $C^6H^3(CH^3)_1(OH)_3(NO^2)_5$
o. nitro. m. crésol = $C^6H^3(CH^3)_1(OH)_3(NO^2)_6$
Trinitro. m. crésol = $C^6H(CH^3)_1(OH)_3(NO^2)^3_{2.4.6}$
etc., etc.

Dérivés nitrosés du crésol.

481. — Nitroso. o. crésol $C^6H^3(CH^3)_1(OH)_2(NO)_3$.

On fait agir le sulfate de nitrosyle sur l'o. crésol dissous dans l'eau. Il se précipite. On redissout dans l'ammoniaque puis on fait passer un courant de CO^2 qui précipite les impuretés; on filtre, on précipite par l'acide sulfurique et on purifie par cristallisation dans l'eau ou le benzène.

Aiguilles blanches, solubles dans l'eau bouillante — fusion à 134° en se décomposant.

Sel sodique. — $C^6H^3(CH^3)_1(O.Na)_2(NO)_3$.

On ajoute la quantité théorique de Na dissous dans l'alcool absolu à une solution éthérée de nitrosocrésol. On purifie le précipité vert par dissolution dans l'acétone.

C'est un corps qui détone par la chaleur.

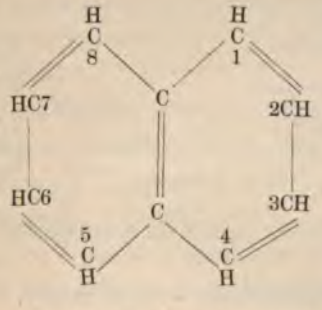
CHAPITRE VI.

NAPHTALÈNE ET SES DÉRIVÉS NITRÉS.

—

§ 1. — NAPHTALÈNE (NAPHTALINE).

482. — Cet hydrocarbure a pour formule : $C_{10}H_8$; on le considère comme formé par la soudure de deux noyaux de benzène, ayant en commun deux atomes de carbone à double soudure.



On l'obtient dans la distillation du goudron de houille; on recueille à part les parties riches en naphtalène, qui distillent entre 180° et 220°. L'industrie prépare une grande quantité de naphtalène.

C'est un corps solide, blanc, d'une odeur persistante, désagréable, goudronneuse; il se présente en lamelles brillantes. Il fond à 79°, bout à 220°.

Le naphtalène brûle avec une flamme excessivement fuligineuse. Il est insoluble dans l'eau froide, très soluble dans l'alcool et l'éther.

Il sert de matière première à la fabrication de nombreuses couleurs pour la teinture.

Dans la figure schématique du naphtalène, les positions 1, 8, 4, 5 sont équivalentes; aussi les positions 2, 7, 3, 6.

Donc le remplacement d'un H par un corps monovalent donne deux isomères. Les dérivés α sont dans la position 1, 8, 4, 5, les β 2, 7, 3, 6.

On a deux naphtols α et β. . . $C^{10}H^7.OH$
deux nitronaphtalines . . $C^{10}H^7.AzO^2$
deux naphtylamines . . . $C^{10}H^7.AzH^2$

Pour les bidérivés, on a 10 cas d'isomérie si les substituants sont identiques, et 14 s'ils sont différents.

On distingue les positions :

Ortho	1,2
Méta	1,3
Para.	1,4
Ana	1,5
Épi	1,6
Kata	1,7
Peri	1,8
Sans nom	2,3
Amphi	2,6
Pros.	2,7

Dérivés nitrés du naphtalène.

483. Mononitronaphtalène. — $C^{10}H^7(AzO^2)$.

Dans un vase en grès, on introduit 4 parties d'acide nitrique à 36° B; on y verse peu à peu en remuant 1 partie de naphtalène. Les vapeurs nitreuses sont évacuées dans des bonbonnes. La température est modérée de façon à ne pas dépasser 60° c. On abandonne 12 heures, on enlève les acides et on lave soigneusement le mononitronaphtalène avec de l'eau chaude.

Industriellement, on emploie les acides égouttés de la fabrication du binitronaphtalène pour attaquer le naphtalène et obtenir le mono. On part encore du naphtalène pur fusible à 79° et bouillant à 216-217°.

La nitration se fait dans une espèce de marmite munie d'un agitateur. On charge avec 600 kg. de mélange acide provenant d'une opération

édente, 200 kg. NO^3H (40°) et 200 kg SO^4H^2 à 66°; on ajoute à peu 250 kg. de naphtalène pulvérisé. La température de tion ne doit pas dépasser 50°. L'opération dure une journée. On donne au repos dans des bacs en bois revêtus de plomb; on nte les acides et on lave le nitronaphtalène à l'eau.

n a aussi mélangé le naphtalène avec le nitrate de sodium dans roportions suivantes sous des meules :

Nitrate de sodium	44,5
Naphtalène	55,5

n introduit le mélange peu à peu dans les acides de décanta- du binitronaphtalène (60 kg. d'acide + 34 kg. du mélange). aisse digérer 10 jours.

ropriétés. — C'est un corps solide, cristallisant en prismes à aces terminés par des pyramides aiguës, d'une couleur jaune de re. Il fond à 58° sans se décomposer; par une chauffe rapide, il écompose brusquement.

nitronaphtalène est neutre, insoluble dans l'eau, soluble dans ol, l'éther, la benzine, le sulfure de carbone.

nsité : 1,341. Fusion : $\alpha = 58°\ 5$; $\beta = 79°$.

4. Binitronaphtalène. — $C^{10}H^6(AzO^2)^2$.

n fait un mélange de 1 partie d'acide azotique et de 2 parties de sulfurique, les acides concentrés; on ajoute à 4 parties de mélange, 1 partie de naphtalène; on chauffe à 65° c. L'opé- n est terminée en une heure. On lave à l'eau, on sèche et ulvérise.

n peut aussi ajouter du mononitronaphtalène (1 partie) à de le azotique (50° B) (4 parties) froid; il s'y délite et se prend ne masse cristalline homogène. Il faut éviter un trop grand uffement. On lave à l'eau.

ns certaines usines, on prend 18 kg. de mononitronaphtalène n y ajoute 39 kg. d'acide sulfurique à 66° B; on mélange. joute ensuite successivement de l'acide nitrique de manière nir la masse en réaction. Il se dégage des vapeurs ruti- s. On ajoute jusque 15 kg. d'acide nitrique. Durée : 48 heures.

Après ce temps, on laisse reposer 8 heures tout en remuant de temps en temps.

On recueille le binitronaphtalène à l'aide de passoires en grès pour égoutter l'acide, puis on lave d'abord à l'eau chaude, puis à l'eau chaude alcaline, enfin à l'eau froide. On sèche et on emballe.

Il existe, en réalité, trois binitronaphtalènes isomères.

Propriétés. — C'est un corps solide, fusible à 138-140° (commercial), très peu soluble dans l'éther et dans l'alcool, bien soluble dans l'essence de térébenthine, le xylol, benzol, acétone. Il se dissout dans l'alcool ammonical en le colorant en rouge. Fusion : binitronaphtalène α : 118° et $\beta = 170°$.

485. Trinitronaphtalène. — $C^{10}H^5 (AzO^2)^3$.

Il y a plusieurs isomères.

On pèse 18 kg. de nitrate de sodium.

6 kg. de binitronaphtalène.

On mélange intimement au malaxeur. On introduit le mélange dans un pot en grès et on ajoute 40 kg. d'acide sulfurique; on remue la masse, on recouvre le pot et on laisse la réaction s'accomplir. Il se dégage d'abondantes vapeurs rouges que l'on condense dans des bonbonnes.

Au bout de deux heures, on enlève les couvercles, on ajoute de l'eau en quantité suffisante pour refroidir, le trinitronaphtalène se sépare et surnage.

On enlève avec un poêlon en plomb et on laisse égoutter. On lave comme le binitronaphtalène.

C'est un corps solide, très peu soluble dans l'alcool et l'éther. Fusion $\alpha = 122°$; $\beta = 116°$; commercial 116-120°.

486. Tétranitronaphtalène. — $C^6H^4(AzO^2)^4$.

On connaît deux isomères.

On fait bouillir, pendant plusieurs heures, 1 partie de dinitronaphtalène avec un mélange de 10 parties d'acide azotique et de 10 parties d'acide sulfurique fumant. On précipite par l'eau et on fait cristalliser dans de l'acide acétique glacial.

Ce corps est en aiguilles très longues, minces, flexibles, fusibles à 220°.

On peut encore mêler 70 p. SO^4H^2 à 65° 5 + 30 p. NO^3H à48° 5 B. Dans 100 p. de ce mélange on trempe 7 p. de dinitronaphtalène. L'opération se fait dans des vases en fonte chauffés à la vapeur ou même à feu nu. Il ne faut pas dépasser 130°. Durée : 1 heure.

Le tétranitronaphtalène peut être employé aux explosifs de sûreté. On sait que la température d'explosion croît avec la quantité de naphtaline nitrée, mais décroît avec le taux de la nitration. On doit donc préférer la naphtaline nitrée au taux maximum de 4,5 °/₀ de sorte que ce mélange contenant 95,5 °/₀ de nitrate d'ammoniaque ne détone que très difficilement.

487. Sur l'explosibilité de la dinitro et de la trinitronaphtaline (M. Will). — Au choc, les nitronaphtalines sont beaucoup moins sensibles que l'acide picrique; on ne peut arriver à la combustion vive par le choc d'un marteau de $0^{kg}3$.

Dans une enveloppe en étain on peut obtenir l'explosion à l'endroit frappé, mais la réaction ne se propage pas.

Par la chauffe lente ou brusque (plaque rougie) il y a fusion et combustion sans explosion. Par le frottement, action nulle.

Avec un détonateur n° 8 (2 gr.) dans 10 gr. de substance dans le bloc de plomb, action incomplète, on peut sans crainte aucune manipuler les deux nitronaphtalines à la température ordinaire. Elles sont très peu sensibles au choc, à la friction et peu inflammables.

Quand les nitronaphtalines sont chauffées (110°) elles deviennent plus sensibles aux chocs de manière qu'on ne peut conseiller de soumettre les deux nitronaphtalines à une manipulation énergique (telle que le broyage) en même temps qu'à une température élevée (dessiccation). Il pourrait y avoir inflammation de toute la masse, l'explosion est peu probable.

488. Explosibilité de sept corps nitrés (M. Will.) *(Mon. Quesneville*, janvier 1904). — Les matières ont été séchées 12 heures à 40° et pulvérisées.

1° *Essai au choc.* — On enveloppe $0^{gr}1$ de la substance dans un mince papier d'étain, on place sur une enclume en laiton ou en fer, puis on pose dessus un ciseau en fer ou une baguette de laiton de surfaces différentes; on frappe 5 forts coups avec un marteau de $0^{kg}3$. Chaque expérience est répétée 10 fois.

2° *Inflammation.* — *a)* On chauffe lentement jusqu'à 200°, au bain d'huile, 2gr5 de la substance dans une capsule en fer et on enflamme avec un Bunsen; *b)* on jette 1 gr. de substance sur une plaque chauffée au rouge; *c)* on place 3 gr. de substance dans une éprouvette de 15 mm. de diamètre et on y place une mèche, de sorte que la flamme se produit au milieu de la masse.

3° *Essais de friction.* — Broyer vivement 1 gr. de substance explosive dans une capsule de porcelaine dévernie chauffée à 15° ou à 30-35°.

4° *Réaction avec le fulminate.* — On remplit de la substance une cartouche de papier d'étain de 20 mm. de diamètre et de 70 mm. de hauteur; au centre, une capsule qu'on fait détoner électriquement.

TABLEAU I.

SUBSTANCE	CISEAU TRANCHANT		BAGUETte EN FER DE 2 MM.2		BAGUETte EN FER DE 7,5 MM.2		BAGUETte EN LAITON DE 1 C. CARRÉ.	
	ENCLUME EN							
	laiton	fer	laiton	fer	laiton	fer	laiton	fer
Dinitrobenzol . . .	—	—	—	—	—	dét. l.	—	dét. l.
Dinitrotoluène . . .	—	—	—	—	—	"	—	"
Dinitrophénol . . .	—	—	—	—	—	"	—	"
Dinitrochlorobenzène.	—	—	—	—	—	"	—	"
Trinitrotoluène. . .	—	—	—	dét. l.	—	"	—	"
Aurantia (sel Am de l'hexanitrodiphénylamine)	—	—	—	—	—	"		"
Acide picramique à 81 % (amidodinitrophénol).	—	—	—	dét. l.	—	—	—	—
Acide picrique . . .	—	—	—	—	—	dét. l.	—	dét. l.
Poudre noire . . .	—	—	—	—	dét. l.	"	—	—
Gélatine explosive. .	—	—	explo.	explo.	explo.	explo.	—	explo.

TABLEAU II.

...NCES.	2gr5 chauffé lentement à 200° dans une capsule en fer.	1gr jeté sur plaque de fer rougie.	Essai à la mèche.
...ène ...ne ...ol ...robenzène ...ène	Fond et brûle avec une flamme fuligineuse.	Fond et brûle rapidement avec une flamme vive et fuligineuse.	Pas enflammé mais carbonisation locale.
...nique	Sèche, fond, brûle flamme fuligineuse.	Fond, brûle rapidement, flamme fuligineuse.	Enflamme et brûle en partie. Pas enflammé, carbonis. locale.
...ue	Fond, brûle, flamme fuligineuse.	Id.	
...re	Explosion 183°.	Explosion.	Explosion.
...e	Explosion.	Id.	Id.
...losive	Explosion 204°.	S'enflamme et brûle rapidement.	S'enflamme et brûle rapidem^nt.

TABLEAU III.

...NCES.	1gr broyé capsule dévernie. TEMP. 15°.	TEMP. 35-40°.	0,1gr substance chauffé jusque 225° dans l'appareil à explosion.	Essai au fulminate. Explosion totale avec une charge de
...ène	—	—	Pas d'explosion.	1000 mmg.
...ne	Pétille faibl^t.	Pétille faibl^t.	Id.	2000
...ol	» fortem^t.	» fortem^t.	Id.	1000
...robenzène	—	—	Id.	1000
...ène	Pétille faibl^t.	Pétille faibl^t.	Id.	540
	» fortem^t.	» fortem^t.	Id.	800
...nique	» faibl^t.	» faibl^t.	Id.	2000
84 %	—	—	Id.	Ex. incompl.
...ue	Expl. locale.	Expl. locale.	Id.	300 mmg.
...re	Id.	Id.	Explosion à 183°.	300
...e	—	—	Pas d'explosion.	300
...losive	Explosion.	Explosion.	Explosion à 204°.	300

§ 2. — PHÉNOLS NAPHTALIQUES NITRÉS.

489. Phénol naphtalique $C^{10}H^7.OH$ ou **naphtol.** — Griess, le premier, signala le phénol naphtalique. Il l'obtint en soumettant à l'action de l'eau bouillante l'azotate de diazonaphtol :

$$C^{10}H^6Az^2.AzO^3H + H^2O = C^{10}H^8O + Az^2 + AzO^3H.$$

Il existe des naphtols mono, bi, tri et tétravalents.

Les naphtols monovalents α et β existent en petite quantité dans le goudron de houille.

Naphtol α. — On fond le sel de potassium ou de sodium de l'acide naphtaline-sulfonique α avec KHO.

Prismes à odeur de phénol, fondant à 94°, bouillant à 279°, peu solubles dans l'eau. — C'est un antiseptique énergique, vénéneux.

Naphtol β. — S'obtient par le même procédé.

490. Le nitronaphtol. — $C^{10}H^6(AzO^2)OH$.

Le binitronaphtol. — $C^{10}H^5(AzO^2)^2OH$; c'est une belle couleur jaune d'or, qui teint la laine et la soie sans mordant.

Le trinitronaphtol. — $C^{10}H^4(AzO^3)^3OH$.

Ces naphtols nitrés fournissent des sels qui constituent des matières colorantes d'une grande valeur.

Dérivés chloro, iodo, bromonitrés du naphtalène.

Ils sont très nombreux : nous nous contenterons de constater leur existence.

Acénaphtène.

$$C^{12}H^{10} = C^{10}H^6 \begin{cases} CH^2 \\ CH^2 \end{cases}.$$

On le retire des huiles lourdes du goudron distillant entre 270-290°.

Donne des substitutions nitrées.

L'acènaphtène binitré s'obtient en attaquant à froid $C^{12}H^{10}$ par l'acide nitrique fumant : on ajoute l'hydrocarbure tant qu'il se dissout, puis tout se prend en masse, on égoutte et on fait cristalliser dans des huiles de houille légères.

Picrate d'acénaphtène. — La solution alcoolique d'acénaphtène est traitée par une solution alcoolique d'acide picrique

$$C^{12}H^{10}.C^6H^3(NO^2)^3OH, \text{ fusible à } 161\text{-}162°.$$

CHAPITRE VII.

POUDRES A BASE D'HYDROCARBURES NITRÉS. — EXPLOSIFS FAVIER NITRAMITES OU AMMONITES.

491. — Ce sont des mélanges de mononitronaphtaline, de binitronaphtaline avec du nitrate d'ammonium ou de sodium.

Voici quelques mélanges proposés par M. Favier :

1°	Nitrate d'ammoniaque	94
	Naphtaline	6
2°	Nitrate d'ammoniaque	90
	Mononitronaphtaline	10
3°	Nitrate d'ammoniaque	87,5
	Binitronaphtaline	12,5
4°	Nitrate de sodium	72
	Binitrobenzine	28
5°	Naphtalène	11
	Nitrate de sodium	89

La formule de la combustion complète avec le nitrate d'ammonium est :

$$2C^{10}H^{7}(AzO^{2}) + 43\,AzO^{3}.\,AzH^{4} = 93\,H^{2}O + 20\,CO^{2} + 44\,Az^{2}.$$

Ce qui donne :

Mononitronaphtaline	9,14
Nitrate d'ammonium	90,86

m	Q_{mp}	Q_{mv}	Q_{kp}	Q_{kv}	W	V_m	V_k	t	f
3786	3548	3638	937	961	408425	3504	925	2061	8229

M. Favier fait usage d'un hydrocarbure faiblement nitré qui n'est pas explosif par lui-même, ce qui fait que son mélange avec un nitrate donne un explosif d'une grande sécurité de maniement.

492. Fabrication des explosifs Favier, à l'usine de Vilvorde. — 1° *Dessiccation du nitrate d'ammonium.* — Le nitrate est versé au moyen d'une trémie dans deux augets métalliques inclinés, dans lesquels se meuvent deux vis d'Archimède. Les augets sont logés dans un caniveau en maçonnerie et chauffés par des tubes à ailettes dans lesquels circule de la vapeur d'eau. Les vis entraînent les sels d'un bout à l'autre des augets; la circulation dure deux heures à la température de 80° c.

Le nitrate est immédiatement porté sur la piste d'un broyeur à table tournante; cette piste est chauffée par la circulation de vapeur d'eau. Le broyage se fait au moyen de deux meules en fonte, une parfaitement cylindrique, l'autre cannelée. Leur poids est de 700 à 800 kilogrammes.

Lorsque le nitrate est finement broyé, on ajoute la binitronaphtaline, et le malaxage dure environ deux heures.

La matière est alors comprimée sous la forme d'un cylindre creux; l'appareil de compression est lui-même chauffé. Les cartouches sont de suite plongées dans de la paraffine fondue; le creux est chargé du détonateur, qui est composé de la matière pulvérulente. Ce détonateur peut être une dynamite à faible teneur de nitroglycérine ou de coton-poudre. Les deux côtés de la cartouche sont fermés au moyen de deux petits disques de fer-blanc; l'un est plein, l'autre est muni d'une ouverture par laquelle on fait passer la capsule d'amorce.

Finalement la cartouche est recouverte d'une enveloppe de papier, et on paraffine une dernière fois. Densité 1,6.

Propriétés. — Cet explosif est remarquable par la sécurité de son maniement, lorsque la matière pulvérulente est très fortement comprimée.

Les cartouches peuvent être jetées dans un foyer ardent sans détoner; elles brûlent avec flamme. On peut les traverser par un fer rouge; il y a dégagement de flammes qui cesse dès que le fer est retiré.

La matière résiste au choc du marteau sur une enclume, d'un mouton pesant tombant d'une grande élévation, au choc des balles d'un fusil de guerre à bout portant.

Les cartouches, placées sur des rails et écrasées par le passage de wagons lourdement chargés, ne détonent pas. Des caisses ont été projetées d'une hauteur de plus de soixante mètres sur le sol pierreux.

Une cartouche mise à l'air libre a été amorcée au moyen d'une capsule au fulminate de mercure ; la capsule seule détone en dispersant la matière.

Cet explosif est donc, à l'air libre, d'une inertie absolue au choc et à la chaleur.

Son explosion ne peut être obtenue que lorsqu'il se trouve enfermé en un vase clos d'une grande solidité ; il développe alors une force comparable à celle des explosifs les plus énergiques. En fait, elle se rapproche de celle du coton-poudre et de la dynamite. Pour l'amorçage, on enfonce une mèche dans la capsule en pinçant celle-ci comme nous l'avons indiqué précédemment ; on pousse ensuite la capsule dans la cartouche de façon à la noyer dans la matière pulvérulente. A l'aide du bourroir, on pousse au fond du trou de mine ; on bourre bien serré, à l'argile ou au plâtre, et on met le feu à la mèche.

Observation importante. — Lorsque l'explosif Favier fut introduit en Belgique en 1888, on lui donnait par compression une très forte densité, ce qui le rendait très réfractaire au choc et qui obligeait à prendre des dispositions spéciales pour éviter des ratés. On sait que la facilité à la détonation est fonction du peu de densité de la matière comprimée et l'on peut donner au mélange une compression telle qu'il détone à l'air libre comme la dynamite ou le coton-poudre. Ce fait existe pour beaucoup de matières explosives pulvérulentes ; par la compression, on arrive à une limite où la masse compacte devient réfractaire à la capsule au fulminate, mais elle détone cependant sous l'influence de la même matière pulvérulente excitée par un détonateur.

Aujourd'hui les mélanges Favier sont moins comprimés et agissent à l'air libre comme les autres explosifs.

L'emploi du nitrate d'ammonium et du nitrate de sodium rend les mélanges très hygroscopiques. Il suffit de 1 % d'eau pour rendre ces explosifs plus difficiles à la détonation. L'explosif ne gèle pas.

Les données relatives à la force des divers mélanges Favier sont :

1° Mélange de 94 parties de nitrate d'ammonium et 6 parties de naphtaline :

$$C^{10}H^8 + 24\,AzO^3.AzH^4 = 10\,CO^2 + 24\,Az^2 + 52\,H^2O.$$

m	Q_{mv}	Q_{kv}	t	f	α
2048	1932,7	943,7	2075°	8327	0,937

2° Mélange de 90 parties d'azotate d'ammonium et 10 parties de mononitronaphtaline :

$$19{,}5\,AzO^3.AzH^4 + C^{10}H^7.AzO^2 = 8\,CO^2 + 2\,CO + 42{,}5\,H^2O + 20\,Az^2.$$

m	Q_{mv}	Q_{kv}	t	f	α
1733	1622,2	936	2091	8407	0,933

3° Mélange de 87,5 parties d'azotate d'ammonium et de 12,5 parties de binitronaphtaline :

$$19\,AzO^3AzH^4 + C^{10}H^6Az^2O^4 = 10\,CO^2 + 41\,H^2O + 20\,Az^2.$$

m	Q_{mv}	Q_{kv}	t	f	α
1738	1701,8	979	2163	8405	0,912

4° Mélange de 72 parties de nitrate de soude et 28 parties de binitrobenzine :

$$C^6H^4Az^2O^4 + 5\,AzO^3Na = 6\,CO^2 + 2\,H^2O + 5\,NaO + 2{,}5\,Az^2.$$

m	Q_{mv}	Q_{kv}	t	f	α
593	370,9	625,5	2060	3489	0,395

5° Mélange de 10 parties de naphtaline et 89 parties de nitrate de soude :

$$C^{10}H^8 + 12\,AzO^3Na = 10\,CO^2 + 4\,H^2O + 12\,NaO + 6\,Az^2.$$

m	Q_{mv}	Q_{kv}	t	f	α
1148	1110	967	3606	5610	0,388

6° Mélange de 17 p. de trinitronaphtaline et 83 p. nitrate d'ammoniaque :

$$33\,NO^3.NH^4 + 2\,C^{10}H^5N^3O^6 = 20\,CO^2 + 71\,H^2O + 36\,N^2.$$

Pour le sautage des mines, on calcule aisément les charges en se basant sur les proportions suivantes :

1° Pour 1 de dynamite n° 1 prendre 1 d'explosif Favier.
2° „ 1 de poudre comprimée prendre $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ „
3° „ 1 „ en grains prendre $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ „

La Société belge des explosifs Favier dont l'usine est située à Vilvorde (Trois Fontaines), Belgique, fabrique des explosifs anti-grisou Favier et des explosifs pour carrières et tunnels.

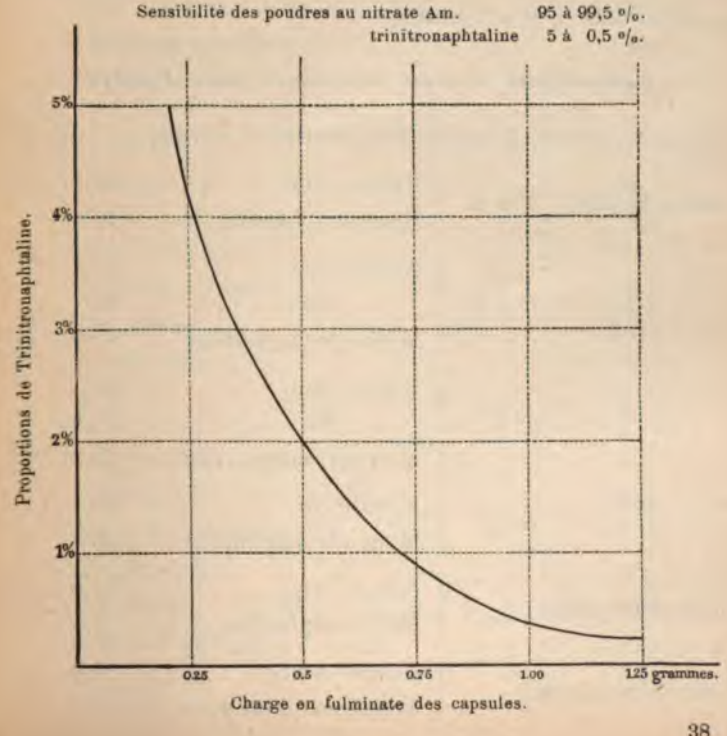
La *1re catégorie* comprend trois numéros :

N° 1 (anti-grisou Favier) température d'explosion 2000° composé de

Nitrate d'ammoniaque . . .	87,60
Binitronaphtaline	12,40

N° 2 (anti-grisou Favier) température d'explosion 1878° composé de

Nitrate d'ammoniaque . . .	87,60
Binitronaphtaline	12,40
Chlorure d'ammonium . . .	8,00



N° 3 (anti-grisou Favier) température d'explosion 1400° composé de

Nitrate d'ammoniaque .	81,00	87,4	77.6
Trinitronaphtaline . .	6,00	12,6	2,4
Chlorure d'ammonium .	13,00	8,0	20,0

Les explosifs Favier deviennent rapidement réfractaires au détonateur quand on les comprime un peu fortement. Il arrive que dans les trous de mine, il se forme des culots comprimés par l'explosion de l'explosif lui-même, culots qui ne détonent pas et qu'on trouve intacts au fond du trou.

Ainsi pour la composition :

Nitrate d'ammonium	90
Mononitronaphtaline	10

Aux densités jusque 0,90, la capsule belge à 0gr4 est suffisante. A la densité de 1,00, il faut la capsule à 1 gr.; pour la densité 1,1, il faut le détonateur de 2 gr.; à la densité de 1gr2, il faut un détonateur de 5 gr., et au delà, il y a des ratés.

Compositions diverses d'explosifs genre Favier.

En France (société française des poudres de sûreté).

Poudre Favier,	n° 1 A.	Nitrate Am.	88
		Binitronaphtaline . .	12
"	n° 1 B.	Nitrate Am.	67
		" Na	18
		Mononitronaphtaline .	15
"	n° 2.	Nitrate Am.	44
		" Na	37,5
		Mononitronaphtaline .	18,5
"	n° 3.	Nitrate Na	75
		Mononitronaphtaline .	25
Grisounine roche. . .		Nitrate Am.	91,5
		Binitronaphtaline . .	8,5
Grisounine couche . .		Nitrate Am.	95,5
		Trinitronaphtaline . .	4,5

Le n° 1 équivaut à la dynamite à 75 %.

Densites (E. Ghinijonet, à Ougrée).

A. 1.	Nitrate Am.	49,8
	Nitrate Sr	33,7
	Trinitrotoluol . . .	15,5
E.	Nitrate Am.	82.74
	Nitrate Sr	11,42
	Trinitrotoluol . . .	5,84
D.	Nitrate Am.	82,1
	Nitrate Sr	10,4
	Trinitrotoluol . . .	8,5

Fulmenite.

Nitrate Am.	86,5
Charbon de bois.	1,5
CP	4,0
Huile de paraffine	2,5
Trinitrotoluol	5,5

Wetter Astralit.

Nitrate Am.	74,5
Huile de paraffine	2,5
Farine de bois	1,0
Charbon de bois.	1,0
Sel marin	10,0
Trinitrotoluol	7,0
NG	4,0

Wetter Fulmenite.

Nitrate Am.	76,5
Huile de paraffine	2,5
Trinitrotoluol	5,5
Sel marin	10,0
Charbon de bois.	1,5
CP	4,0

Bellite. — Elle est due à Karl Lamm, de Stockholm; c'est un mélange de :

Nitrate d'ammonium	1
Nitrobenzine	1,9

ou bien

Nitrate d'ammonium	1
Binitrobenzine	2

Lamm donne :

Azotate d'ammonium	80
Binitrobenzine	20

Ce mélange détone complètement en vase clos; à l'air libre, il détone incomplètement avec une capsule de $1^{gr}5$ de fulminate.

Ou encore :

Nitrate d'ammonium	1
Trinitronaphtaline	2,57

Les mélanges s'opèrent dans des malaxeurs chauffés jusqu'au point de fusion de l'hydrocarbure nitré et avant refroidissement, on moule en cartouches.

La formule de combustion complète est, par exemple, avec la binitrobenzine :

$$C^6H^4(AzO^2)^2 + 10AzO^3.AzH^4 = 6CO^2 + 22H^2O + 11Az^2.$$

Ce qui donne comme proportions théoriques :

Binitrobenzine	1,68
Nitrate d'ammonium	8,00

Cette formule donne, pour les éléments de la force de ce mélange :

m	=	968	W	=	422875
Q_{mp}	=	952,7	V_k	=	899,20
Q_{mv}	=	963,85	t	=	2203°
Q_{kp}	=	984	f	=	8476
Q_{kv}	=	995	α	=	0,899

Romite.

Nitrate Am	48,80
Chlorate K	38,30
Naphtaline et paraffine	12,20
Eau	0,64

Le chlorate est ajouté pour augmenter la sensibilité à la capsule. Il faut consommer de suite la romite parce qu'elle est sujette, au bout de quelques jours, à une inflammation spontanée. Elle a la puissance de la dynamite.

Roburite (de Roth). — Ce sont des mélanges de naphtaline nitrée et de chlorate de potassium ou bien de produits chloronitrés obtenus en traitant le goudron par l'acide nitrique et l'acide chlorhydrique et additionnés de nitrates :

1° Une partie de naphtaline est chauffée avec 5 parties d'azotate de sodium et 6 parties d'acide sulfurique; on ajoute 0,8 de chlorate de potassium, puis graduellement de l'acide chlorhydrique (5 parties), on chauffe le tout au bain-marie.

2° On mêle graduellement 5 parties de goudron avec 15 parties d'acide azotique (D = 1,5) et 12 parties d'acide chlorhydrique; on chauffe ensuite doucement et le mélange pâteux est additionné de 5 parties de nitrate de potassium et de 15 parties d'acide sulfurique.

$$C^6H^3Cl(NO^3)^2 + 9NO^3.NH^4 = 6CO^2 + 19H^2O + 10N^2 + HCl.$$

Nitrate Am	90
Dinitrobenzène chloré. . . .	10

Sécurite (F. Schöneweg), 1886. — On dessèche à 80° c. une solution de nitrate d'ammonium avec des oxalates d'ammonium ou de potassium en mélangeant avec 10 parties de nitrobenzine ou 20 parties de dinitrobenzine.

Sécurite n° 2.

Salpêtre	81,83
Métadinitrobenzine.	15,17
Oxalate Am	3,00

Roburite de Witten.

Nitrate Am	82	87,50
Dinitrobenzine	18	7,00
Sulfate Am	—	5,00
Permanganate K	—	0,50

Les oxalates, sulfates Am sont ajoutés pour abaisser la température et rendre les explosifs antigrisouteux.

Minolite (Cornet à Verviers).

Nitrate Am	65
„ Na	20
Trinitronaphtaline	20
Sciure de quebracho	1,5
Résine liquéfiée.	1,5

Yonckites (fabrique à Jambes, Belgique).

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Perchlorate Am	34,3	37,0	53,5
Nitrate Am.	57,4	87;0	—
Alun.	—	—	40,0
Mononitronaphtaline. . .	8,3	5,5	6,5

Autres Yonckites.

	N° 0.	N° 1.	N° 2.
Perchlorates Am	41,2	12,0	12
Nitrate Na	30,0	69,4	—
Trinitronaphtaline . . .	28,7	—	—
Mononitronaphtaline. . .	—	18,5	5
Nitrate Am.	—	—	83

Ammonal (Führer).

Nitrate Am.	72	essayé pour obus brisants.
Aluminium.	23	
Charbon.	3	

$$4NO^3.NH^4 + Al^2 + C = 4N^2 + 8H^2O + CO^2 + Al^2O^3.$$

20 gr. dans le bloc de plomb donnent un vide de 2000 cc.

L'aluminium augmente considérablement la température de combustion.

La force théorique est comparable à celle des explosifs usuels à base de nitrate d'ammoninm. La brisance est inférieure à celle de la mélinite. L'aluminium donne une grande aptitude à la détonation.

Explosif Ceipek (Vienne).

Nitrate Am	80,0
Nitrate d'aniline	10,9
Trinitrophénol	9,1.

493. Réactions des hydrocarbures nitrés. — J.-V. Janovsky dissout quelques milligrammes du composé dans l'acétone pur, puis on introduit peu à peu de la lessive de soude au $\frac{1}{10}$. On laisse reposer.

Le m. dinitrobenzine	= coloration rouge-violet (lilas).
" toluène	= " bleue.
" naphtaline	= " rouge tirant sur le bleu.
Nitrobenzol	= rien.
o. binitrobenzol	= rien.
Trinitrobenzol	= rouge vin.
m. nitrotoluol	= légèrement jaune.
o. nitrotoluol	= rien.
p. nitrotoluol	= rien.
Binitrotoluol 1, 2, 4	= rien au moment ; au bout de 24 heures coloration bleu d'azur qui vire au lilas pâle.
Trinitrotoluol	= rouge carmin (plus rouge que le trinitrobenzol).
Nitronaphtaline	= rien.

La binitronaphtaline additionnée d'acide sulfurique concentré et de zinc donne un produit (naphtylamine) qui, jeté dans l'eau, donne une coloration rouge-violet magnifique (naphtazarine).

D'après S.-P. Mulliken et E.-R. Barker, on décèle la présence d'un groupement nitré en chauffant la substance avec de l'aniline pour rouge, de l'acide chlorhydrique dilué et du fil de clavecin. Il se forme dans ces conditions de la rosaniline facilement reconnaissable à sa couleur.

Cette réaction marche avec tous les dérivés nitrés, les nitrosés, les azoxyques, bref avec tous les composés dans lesquels l'oxygène est uni directement à l'azote. De même avec les composés iodosés et

oxy-iodosés. Les nitrates et les nitrites donnent naissance dans certains cas à de la fuchsine.

494. Recherche et dosage du nitrotoluène dans le nitrobenzène et du toluène dans le benzène (Raitzou et Uerkervitsch). KHO pulvérisé produit une couleur brune avec le nitrotoluène et avec le nitrobenzène; NaHO pulvérisé n'agit pas à la température ordinaire sur le nitrobenzène tandis qu'avec le nitrotoluène il donne naissance à des combinaisons jaune-brun. Cette dernière réaction peut être rendue plus sensible par l'emploi de gazoline comme solvant; de cette manière, on peut identifier encore environ $0^{gr}0025$ de nitrotoluène dans 1 cc. de gazoline.

On peut déceler la présence du toluène dans le benzène en transformant celui-ci en nitrobenzène et en le traitant ensuite par NaOH. On peut doser approximativement le nitrotoluène dans le nitrobenzène (et le toluène dans le benzène) en comparant la teinte brune à la teinte produite par NaOH dans du nitrobenzène contenant une quantité connue de nitrotoluène.

CHAPITRE VII.

DÉRIVÉS NITRÉS DE L'ACIDE BENZOÏQUE.

495. — L'acide benzoïque $C^7H^6O^2 = C^6H^5CO.OH$ est extrait du benjoin par distillation sèche ou des urines putréfiées des herbivores.

L'acide mononitrobenzoïque $C^6H^3(AzO^2)CO.OH$ se fabrique comme suit : on mélange 2 parties d'acide sulfurique et 1 partie d'acide azotique à leur maximum de concentration, on y introduit peu à peu de l'acide benzoïque, puis on chauffe pendant une demi-heure. On jette dans de l'eau froide.

On obtient une masse grenue formée de petits cristaux incolores. L'acide nitrobenzoïque est peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau chaude, très soluble dans l'alcool et l'éther. Il fond à 127°.

La chaleur de formation est de 63 calories pour 167 grammes.

La chaleur de combustion totale vaut 761,5 calories pour 167 gr. soient 3772 calories par kilogramme.

Nitrobenzoates. — L'acide nitrobenzoïque est un acide énergique. Les nitrobenzoates sont généralement cristallisables, solubles dans l'eau. Ils se décomposent avec explosion.

Acide binitrobenzoïque. — $C^6H^3(AzO^2)^2CO.OH$.

Il se fabrique par l'action de l'acide sulfo-nitrique sur l'acide benzoïque fondu.

Il donne naissance à de nombreux binitrobenzoates

$$C^6H^3(AzO^2)^2CO.OM'.$$

Acide diazobenzoïque.

496. — Il provient de l'acide amidobenzoïque dont la formule est :

$$C^7H^7AzO^2 = C^6H^4 \left\{ \begin{array}{l} AzH^2 \\ CO\,.\,OH \end{array} \right.$$

provenant de $C^6H^4 \left\{ \begin{array}{l} AzO^2 \\ CO\,.\,OH \end{array} \right.$ (acide mononitrobenzoïque).

On obtient l'acide amidobenzoïque en saturant d'hydrogène sulfuré et d'ammoniaque, une solution alcoolique d'acide nitrobenzoïque : on fait bouillir.

Le liquide verdit, se trouble, redevient limpide après précipitation de soufre. On décante, on concentre jusqu'à consistance sirupeuse et on acidifie par l'acide acétique concentré. L'acide amidobenzoïque se précipite ; on dissout dans l'eau bouillante et on filtre sur du charbon animal.

Acide diazobenzoïque = $C^6H^3Az^2CO$. OH.

497. — On traite l'azotate d'acide diazobenzoïque par les alcalis. Il se sépare de l'acide diazobenzoïque. Ce corps est jaune, instable; il se décompose avec violence par la chaleur.

Acide diazoamidobenzoïque.

498. — $C^{14}H^{11}Az^3O^4 = \underset{\text{Acide amidobenzoïque}}{C^6H^4(AzH^2)CO . OH} - \underset{\text{Acide diazobenzoïque}}{C^6H^3Az^2 . CO . OH}$.

Dans une solution alcoolique froide d'acide amidobenzoïque, on fait barboter un courant d'acide azoteux.

On obtient une poudre cristalline jaune orange.

Azotate d'acide diazobenzoïque.

499. — $C^7H^4Az^2O^2 . AzO^3H = C^6H^3 . Az^2 . CO . OH . AzO^3H$.

On dirige un courant d'acide azoteux dans une solution aqueuse ou alcoolique d'acide amidobenzoïque contenant de l'acide nitrique.

Guanidine et sels de Guanidine.

500. Guanidine. — CH^5N^3 ou $NH = C\begin{cases} NH^2 \\ NH^2. \end{cases}$

Elle peut dériver de la guanine découverte en 1844 par Unger dans le guano.

La guanidine est actuellement obtenue directement. Elle appartient à une série de corps qui se rattachent au type ammoniaque trois fois condensé.

Volhardt obtient le sulfocyanate de guanidine en partant du sulfocyanate d'ammonium.

$$4(CNS.NH^4) = CS(NH^4.S) + CNSH.CH^5.N^3 + CN^2H^2$$

Sulfocyanate Am — Sulfocarbonate Am — Sulfocyanate de guanidine — Cyanamide

On chauffe le sulfocyanate d'ammonium dans une cornue au bain d'huile pendant 20 heures à 180-190° ou mieux jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus rien (30 heures). On laisse refroidir; le résidu verdâtre qui est traversé de grandes lames presque incolores est dissous dans moins de son poids d'eau froide en laissant très peu de résidu, on ajoute du noir animal et on filtre. Si la dissolution se fait dans l'eau chaude le sulfocyanate de guanidine cristallise à froid.

On opère une seconde cristallisation et l'on obtient un produit pur.

M. Hérisson-Laparre a perfectionné la fabrication (*Mémorial des poudres et salpêtres*, t. XIII) en éliminant le H^2S qui contrarie la réaction.

Il chauffe le sulfocyanate d'ammonium dans une marmite métallique émaillée que l'on chauffe de préférence au gaz dont la chaleur se règle mieux.

La marmite est fermée par un couvercle spécial qui permet une aspiration d'air pour évacuer les gaz nuisibles.

On chauffe à 180° le sulfocyanate, puis on pousse à 190° au bout d'une heure, puis à 200° au bout de 2 heures.

Rendement 60 % par rapport au sulfocyanate sec.

Nitrate de guanidine. — On traite le sulfocyanate par l'acide nitrique ou mieux par conversion, au moyen du nitrate d'ammonium.

$$CH^5.N^3.CNHS + NH^3.NO^3H = CH^5N^3.NO^3H + NH^3.CNHS.$$

500 gr. de sulfocyanate + 330 gr. nitrate Am.

Le nitrate de guanidine, très peu soluble, se précipite.

On turbine, on fait cristalliser et on sèche.

Les eaux-mères, renfermant du sulfocyanate, sont évaporées et le résidu sert à fabriquer une nouvelle dose de sulfocyanate de guanidine.

Propriétés. — Lamelles déliées blanches, très peu solubles dans l'eau. Très réfractaires au choc; à l'air libre, ne détonent pas avec l'amorce de $1^{gr}5$.

Le calcul du covolume et de la force explosive donne

$$\alpha = 1{,}28 \quad \text{et} \quad f = 5834.$$

Nitroguanidine. $N - NO^2 = C\begin{cases} NH^2 \\ NH^2. \end{cases}$

On introduit peu à peu en agitant 150 gr. de nitrate de guanidine dans 450 gr. SO^4H^2(65°5). Il faut éviter toute vapeur nitreuse, le tout se dissout. Après repos, on décante et on verse dans 2 litres d'eau; la nitroguanidine se précipite; on lave à l'eau froide, puis on dissout dans l'eau bouillante et on laisse cristalliser en fines aiguilles flexibles. Rendement : 60 % du nitrate de guanidine.

$$\alpha = 1{,}60 \quad \text{et} \quad f = 7140.$$

A l'état de poudre fine, la nitroguanidine détone complètement à l'air libre avec une capsule de $1^{gr}5$.

Elle est presque insoluble dans l'eau froide, inaltérable à l'air. Fond à 200° en se décomposant légèrement.

Soluble dans l'acide nitrique.

La température d'explosion est, d'après M. Patart, de 900° seulement, donc près de 2000° moins que la balististe et 1500° de moins que le coton-poudre.

Cette propriété de basse température d'explosion, alliée à une force explosive considérable, est due à la grande quantité de CO dégagé (53,84 %).

Cette matière est tout indiquée pour abaisser la température des explosifs militaires ou de sûreté pour les mines.

Picrate de guanidine. — On ajoute de l'acide picrique à une solution aqueuse d'un sel de guanidine.

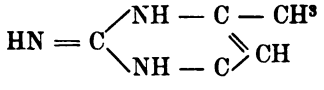
Précipité cristallin jaune, très peu soluble dans l'eau froide (2,5 %).

On peut l'utiliser pour le dosage approximatif de la guanidine dans un liquide.

On peut aussi caractériser les sels de guanidine avec le réactif de Nessler, qui donne un précipité floconneux blanc ou un peu jaunâtre. Une dissolution à 0,05 °/₀ de nitrate de guanidine donne encore un précipité assez abondant.

Dérivés de la guanidine. — On connaît des produits de condensation avec les éthers des acides β cétoniques.

On chauffe 8 gr. de carbonate de guanidine avec 12 gr. d'éther éthylacétique et 25 cc. d'alcool; on obtient un précipité qui cristallise en longs prismes : c'est l'iminométhyluracile



Son nitrate explose à 120°.

Nitrosoguanidine. — Obtenu en réduisant de la nitroguanidine en aminoguanidine à l'aide de l'acide acétique et de la poudre de zinc.

Ce corps CH^4N^4O détone à 160-165° sans fondre.

SIXIÈME PARTIE.

Explosifs divers.

CHAPITRE I.

EXPLOSIFS ACIDES DE SPRENGEL.

501. — Au lieu de *combiner* l'acide nitrique avec des corps organiques ou autres, Hermann Sprengel a proposé de *mélanger* simplement de l'acide nitrique monohydraté avec des substances combustibles. Il faut faire usage d'acide fumant rouge, l'acide blanc, d'après les observations de M. Turpin, ne donnant pas d'explosif.

Ces mélanges, qui peuvent se faire au moment de l'emploi, détonent par une forte capsule au fulminate de mercure; ils ne sont naturellement pas très nombreux, puisqu'il faut éliminer toutes les matières organiques attaquables par l'acide nitrique; celui-ci enflamme la plupart des matières combustibles non nitrifiées.

On peut employer, entr'autres, tous les dérivés nitrés de la série aromatique. Soit, par exemple, le mélange acide picrique et acide nitrique.

Mélange acide picrique et acide nitrique. — Oxonite. — La formule de combustion totale est :

$$5\,C^6H^2(AzO^2)^3OH + 13AzO^3H = 30\,CO^2 + 14\,H^2O + 14\,Az^2.$$

Le calcul donne :

Acide picrique	583
Acide azotique	417

Force du mélange :

D'après l'équation précédente on a :

m	= 1964	V_m	= 1294,56
Q_{mp}	= 2848,5	V_k	= 659,14
Q_{mv}	= 2881,6	t	= 3284°
Q_{kp}	= 1450,3	f	= 8909
Q_{kv}	= 1467,2	α	= 0.659
W	= 623650		

La force de ce mélange se rapproche de très près de celle de la nitroglycérine.

502. Mélange mononitrobenzine et acide azotique.

$$C^6H^5(AzO^2) + 5\,AzO^3H = 6\,CO^2 + 5\,H^2O + 3\,Az^2.$$

Soit :

Nitrobenzine	281
Acide azotique	719

m	= 438 gr.	W	= 631498 kg.
Q_{mp}	= 642,8 cal.	V_m	= 312,48 l.
Q_{mv}	= 650,82 cal.	V_k	= 713,42 l.
Q_{kp}	= 1467,6 „	t	= 3141°
Q_{kv}	= 1485,88 „	f	= 9256 kg.

Acide azotique et binitrobenzine.

$$C^6H^4(AzO^2)^2 + 3\,AzO^3H = 6\,CO^2 + 4\,H^2O + 3\,Az^2.$$

Soit :

Binitrobenzine	400
Acide nitrique.	600
	1000

Tous ces mélanges constituent des matières explosives extrêmement énergiques, mais trop corrosives.

Hellhoffite (Hellhoff et Grüson).

503. — C'est un mélange de binitrobenzine et d'acide nitrique fumant rouge. La binitrobenzine est mêlée à une fois et demie ou

deux fois son poids d'acide azotique. C'est un liquide brun rouge dégageant des vapeurs acides. Il exige pour détoner des amorces très fortes contenant au moins un gramme de fulminate. Il a été proposé par Grüson pour les obus-torpilles. Les deux matières sont séparées et se mélangent pendant la course du projectile (voir *Panclastites)*.

Hellhoffite-guhr.

L'emploi d'un liquide acide comme celui qui constitue la hellhoffite est incommode. On a imaginé de le faire absorber par du kieselguhr; ce mélange ne se fait que peu de temps avant l'emploi. L'explosif est introduit dans une enveloppe en plomb mince.

Pour la formation de CO	Dinitrobenzène	100
	HNO^3	63
Id. CO^2	Dinitrobenzène	100
	HNO^3	150

Explosif de Sprengel.

Sulfure de carbone	9
Acide picrique	1
Chlorate K	90

Explosif très brisant.

CHAPITRE II.

PANCLASTITES DE TURPIN.

(Panclastites = παν = tout, brise-tout.)

M. Turpin en 1881 a proposé des mélanges de peroxyde d'azote (AzO^2) avec des substances combustibles inattaquables par ce corps.

504. Peroxyde d'azote ou **anhydride hypoazotique.** — AzO^2.

Ce corps se prépare en calcinant le nitrate de plomb; celui-ci doit être préalablement débarrassé de son eau d'interposition en le pulvérisant et en le calcinant légèrement. $(AzO^3)^2Pb = 2AzO^2 + PbO + O$.

Le nitrate de plomb est versé dans une cornue de porcelaine ou de terre, à laquelle on adapte un tube en U plongé dans un mélange réfrigérant. Le peroxyde d'azote se condense. Quelquefois le liquide est vert ou bleu : cela provient de la présence de l'eau.

Le peroxyde d'azote est un liquide rougeâtre, qui bout à 22° et se solidifie à — 9° c. Il est décomposé par une petite quantité d'eau en acide azotique et en anhydride azoteux qui le colore en vert puis en bleu :

$$4AzO^2 + H^2O = Az^2O^3 + 2AzO^3H.$$

C'est cette coloration qui apparaît quand la nitroglycérine et le coton-poudre aqueux se décomposent spontanément; il faut se hâter de les détruire.

Une plus grande quantité le décompose en acide azotique et bioxyde d'azote avec effervescence :

$$3AzO^2 + H^2O = AzO + 2AzO^3H.$$

C'est un corps doué de propriétés oxydantes très énergiques; il est décomposé par tous les corps réducteurs; il est très corrosif et détruit

la peau en la colorant en jaune; il produit une inflammation très vive des organes de la respiration et peut même provoquer la mort; il n'attaque pas le fer, le cuivre, l'étain à la température ordinaire.

Il dissout le pétrole, le sulfure de carbone, la nitrobenzine, sans élévation de température.

Sa densité à l'état liquide est égale à 1,42, à l'état gazeux 1,72. Chaleur de formation + 1,7 liquide; — 7,9 gazeux; on voit que la combinaison de $Az + O^2$ se fait avec perte de peu d'énergie et le peroxyde représente, à ce point de vue, presque de l'oxygène liquide.

Panclastites diverses.

505. — Les mélanges de peroxyde d'azote et de substances combustibles ne détonent pas directement, mais ils le font sous l'influence de la détonation d'une capsule au fulminate de mercure. Le choix des substances combustibles est encore limité par la condition qu'elles ne soient pas attaquées par le peroxyde d'azote.

506. 1° **Mélange de peroxyde d'azote et de nitrobenzine liquide.**

$$4C^6H^5 . AzO^2 + 25AzO^2 = 34CO^2 + 10H^2O + 14,5Az^2;$$

ce qui donne les proportions :

Mononitrobenzine	1
Peroxyde d'azote	2,3

507. 2° **Mélange de peroxyde d'azote et de sulfure de carbone.**

$$CS^2 + 3AzO^2 = CO^2 + 2SO^2 + 1,5Az^2;$$

Ce qui donne les proportions :

Sulfure de carbone	1
Peroxyde d'azote	1,81

Il est à noter que CS^2 peut faire explosion sous l'influence du fulminate de mercure.

Force du mélange :

m	=	214	V_m	=	100l440
Q_{mp}	=	219,6	V_k	=	469,345
Q_{mv}	=	222,175	t	=	3354°
Q_{kp}	=	1026,168	f	=	6455
Q_{kv}	=	1038,200	α	=	0,469
W	=	441235			

Ce mélange a des propriétés brisantes comparables à celles de la nitroglycérine et supérieures à celles de la dynamite à 75 °/₀. Il détone aussi facilement que la nitroglycérine, ce qui fait qu'on ne saurait l'employer dans les arts militaires.

508. — On a donné plusieurs autres compositions de panclastites :

1	volume	de sulfure de carbone	+ 1	volume	de peroxyde d'azote.		
2	"	"	"	+ 1	"	"	"
3	"	"	"	+ 5	"	"	"
1	"	d'essence de pétrole	+ 1	"	AzO^2 + $\frac{1}{10}$ volume CS^2.		
2	"	"	"	+ 1	"	AzO^2 + $\frac{1}{10}$ volume CS^2.	

Les panclastites au pétrole offrent une grande résistance au choc.

Le mélange d'essence de pétrole et de peroxyde d'azote ne détone sûrement que lorsqu'on y ajoute un peu de sulfure de carbone.

En fait, les panclastites équivalent comme force aux explosifs les plus énergiques. Le mélange des matières se fait avec une sécurité relative et sans élévation de température; mais il y a lieu de signaler les dangers de manipulation des matières inflammables et délétères dont les panclastites sont composées.

509. Usage des panclastites. — On en a proposé l'usage pour le chargement des obus-torpilles, et des études approfondies ont été faites dans ce but en Allemagne.

On introduisait dans l'obus deux vases de verre épais séparés des parois au moyen de cubes en caoutchouc; le culot pouvait se dévisser afin de faciliter la mise en place. Un des vases renfermait le peroxyde d'azote, l'autre le sulfure de carbone; ils étaient scellés à la lampe. Par le choc au départ, les verres se cassent et par le mouvement de rotation de l'obus le mélange parfait s'opère.

La mise à feu est provoquée, soit par une fusée à temps, soit par une fusée à percussion.

Tant que les liquides ne sont pas mélangés, l'explosif n'existe pas. Le maniement de ces obus n'est pas dangereux, la chute du projectile d'une assez grande hauteur, sur le sol, ne provoque pas la casse des flacons.

On a cependant renoncé en Allemagne à ces obus, à cause du maniement incommode d'un liquide dont les vapeurs sont si corrosives et si dangereuses à respirer.

On peut faire absorber les liquides par des corps solides et obtenir des *panclastites-guhr*.

Panclastite au nitrotoluène. — Plus puissant que la dynamite. La vitesse de détonation est plus grande, donc les effets brisants sont supérieurs.

L'oxyliquite.

510. — Un mélange d'air liquide et de charbon de bois pulvérisé brûle vivement à l'air et peut détoner par la capsule.

En 1898, on brevète en Allemagne l'*oxyliquite*, en se servant de charbon de bois qu'on imbibe d'air liquide, ou bien on plonge une cartouche de charbon de bois dans l'air liquide jusqu'à saturation; on emploie l'air liquide riche en oxygène. L'explosif a une durée de 5 à 15 minutes pour des diamètres de cartouches de 25 à 60 mm.

Le pouvoir absorbant du charbon de bois est faible ; on s'adressa au kieselguhr imprégné de pétrole (40 °/₀ pétrole + 60 °/₀ kieselguhr) qui peut absorber le double de son poids d'oxygène liquide.

Mais le kieselguhr est une matière inerte qui diminue la force de l'explosif.

On s'adressa au charbon des bouchons de liège qui absorbe aussi bien que le kieselguhr, mais l'inconvénient est que l'explosif est sensible au choc et s'enflamme comme la poudre noire par le feu, ce qui est dangereux dans les mines où l'on travaille avec des lampes à feu nu.

L'oxyliquite a été essayée aux travaux du Simplon et donnait le même effet que la gélatine explosive. Le trou de mine était bourré de kieselguhr, de pétrole brut, de noir de fumée et d'air liquide.

Les trous de mines doivent être larges (40 mm.) pour éviter l'évaporation trop rapide de l'oxygène liquide.

Avec les machines de Linde perfectionnées, l'air liquide est à bon marché.

L'emploi actuel de l'oxyliquite demande encore des perfectionnements.

511. Explosif à base de métaux oxydables. — Ils ont été introduits après l'invention de la thermite de Goldschmidt. On sait que l'aluminium en s'oxydant développe une grande quantité de chaleur.

On emploie aussi le magnésium.

L'addition de 10 à 15 % d'aluminium à un explosif augmente considérablement le volume dans le bloc de plomb Trauzl, atteignant jusque 65 % avec les explosifs au nitrate d'ammonium. Cependant, d'après l'observation de M. C.-E. Bichel, le plomb, sous l'influence de l'énorme température développée, fond et la cavité est plus grande que celle qui correspond à la pression des gaz. Dans les mines, les gaz se refroidissent rapidement au contact des parois froides et l'effet utile obtenu à l'aide des explosifs additionnés de poudre d'aluminium n'est guère plus élevé que pour ceux qui n'ont pas subi cette addition.

L'aluminium métallique a une tendance à s'oxyder peu à peu, et joue alors un rôle inerte.

CHAPITRE III.

SUBSTANCES EXPLOSIVES SPÉCIALES.

COMPOSÉS MINÉRAUX EXPLOSIFS.

512. — Nous allons examiner quelques substances explosives curieuses et qui, à cause de leur caractère de grande instabilité, de leur extrême sensibilité au choc, n'ont pu recevoir des applications industrielles et militaires.

Acide azothydrique. — N^3H.

$$\begin{matrix} N \\ \| \\ N \end{matrix}\!\!>\!NH.$$

Diazoamine.

On décompose l'azoture de sodium (qui est son sel sodique) par l'acide sulfurique étendu; on distille lentement à plusieurs reprises.

Liquide incolore, bouillant à 37°; très soluble dans l'eau, rougit le tournesol. Il est très explosif.

Azoture de sodium. — N^3Na.

$$\begin{matrix} N \\ \| \\ N \end{matrix}\!\!>\!NNa.$$

Wislicenus fait réagir le protoxyde d'azote sur l'amidure Na fondu et obtenu par l'action de l'ammoniaque sur le sodium.

$$NH^2.Na + N^2O = N^3Na + H^2O.$$

L'eau mise en liberté décompose l'excès d'amidure en donnant de la soude et de l'ammoniaque, de sorte que la réaction finale est exprimée par

$$2NH^2.Na + N^2O = N^3Na + NH^3 + NaOH.$$

C'est un corps très explosif.

Azoture de mercure. — $(N^3)^2Hg$.

Aiguilles blanches, solubles dans l'eau, plus sensibles que fulminate de mercure. Comparé au fulminate de mercure, il a même poids moléculaire et fournit le même volume gazeux.

$C^2N^2O^2Hg = 2CO + N^2 + Hg$.

2 vol. + 1 vol. + 1 vol. = 4 volumes.

$N^6Hg = 3N^2 + Hg$.

3 vol. + 1 vol. = 4 volumes.

Les densités sont voisines, ainsi que les chaleurs de décomp sition; les effets sont presque identiques.

Le corps est d'un prix élevé.

Azoture mercureux. — $(N^3)^2Hg^2$.

Il est moins dangereux; la décomposition explosive est très rapid

Azoture d'argent. — N^3Ag.

Corps très explosif.

Chlorure d'Azote.

Formule : NCl^3.

Le chlorure d'azote est réputé l'un des corps les plus dangere à manier à cause de la facilité avec laquelle il détone.

Préparation. — On remplit de gaz chlore une éprouvette que l' renverse sur une capsule renfermant une solution concentrée

On peut aussi agir par voie d'électrolyse. Dans un vase en verre, n place une solution saturée de chlorure d'ammonium; on plonge lans le liquide deux lames de platine qui communiquent avec les leux pôles d'une forte pile. Dès que le courant passe, il se forme le ong d'une des lames de platine, du chlorure d'azote; afin d'éviter e danger, on recouvre la surface liquide d'une très faible couche l'essence de térébenthine; dès que le chlorure d'azote, entraîné vers e haut par les bulles gazeuses, touche la térébenthine, il éclate.

M. V. Meyer, désirant montrer les effets violents et cependant ıns danger du chlorure d'azote, opère dans un vase et au sein 'un liquide de la manière suivante :

Dans une fiole de verre soufflé, très mince, d'un litre environ, on 'épare le chlorure d'azote par l'électrolyse du chlorure d'ammonium. orsqu'il s'en est rassemblé une certaine quantité à la surface, on rte la fiole sous une cage en verre à doubles parois, ouverte du côté posé à l'auditoire et on adapte un bouchon laissant passer un tube ongeur. On met ce tube en relation, par un caoutchouc muni d'une nce, avec un entonnoir renfermant une solution de chlorure ammonium, surmontée d'une couche d'essence de térébenthine.

L'opérateur ouvre la pince et se range de côté; au bout de quelque mps, l'essence arrive au contact du chlorure d'azote; la détonation lieu avec une vive lueur. La fiole est brisée en morceaux de oyenne grosseur; il est bon de la déposer au début de l'expérience ıns une capsule de plomb qui reçoit le liquide lors de l'explosion. out le chlorure d'azote ne détone pas simultanément; une partie est 'ojetée sur la capsule, en sorte que l'explosion principale est suivie endant une minute environ d'un feu roulant de crépitations secondaires.

L'auteur recommande, lorsqu'on fait détoner une goutte de chlo- ıre d'azote dans une capsule de plomb, de déposer celle-ci non dans ne capsule de porcelaine, mais dans une seconde capsule de plomb.

Propriétés. — C'est un liquide oléagineux jaune, d'une odeur 'ritante; il détone avec une violence inouïe au contact de la haleur (95°), du phosphore, de l'huile d'olive, de l'essence de 'rébenthine; la lumière vive détermine aussi son explosion. Il se écompose en ses éléments :

$$AzCl^3 = Az + Cl^3.$$

Soit 370,4 litres par kilogramme. La chaleur dégagée est mal connue. Ce corps peut être regardé comme le type des explosifs brisants. Les gaz produits par la réaction sont simples; il n'y a donc aucune chaleur absorbée dans le principe, par le travail de la dissociation, ni aucune chaleur restituée par la recombinaison des corps simples séparés. Toute la chaleur produite sert ainsi exclusivement à augmenter le volume gazeux; les pressions vont croître avec une rapidité excessive et elles décroîtront sans que rien ne puisse modérer la chute des pressions; la matière agit dès lors avec une grande brusquerie et l'on comprend que le chlorure d'azote pulvérise tous les corps au contact desquels il fait explosion; cette qualité est encore accentuée par le temps extrêmement court, instantané, que la substance liquide met à se transformer en gaz.

Iodure d'azote.

AzI^3.

Préparation. — Dans un mortier en porcelaine, on introduit de l'iode qu'on pulvérise finement; on ajoute de l'ammoniaque liquide de façon à bien noyer l'iode et on mélange avec le pilon. On abandonne pendant $\frac{1}{4}$ d'heure. On décante le liquide, on lave le corps solide et on le place par petites portions sur les feuilles de papier à filtrer; celui-ci absorbe l'humidité et la dessiccation se fait spontanément. On peut la hâter en versant sur l'iodure d'azote quelques gouttes d'alcool.

On peut préparer l'iodure d'azote par l'action de l'ammoniaque sur les iodures alcalins iodurés. L'iodure d'azote préparé avec des solutions d'iode ne détone que lorsqu'il est sec, tandis que celui obtenu avec l'iode solide peut détoner sous l'eau.

Propriétés. — C'est un corps brun, qui, étant sec, détone avec la plus grande facilité sous l'influence du moindre attouchement; on jette dessus quelques grains de sable et l'explosion se produit avec beaucoup de violence. Il est impossible de le manier à l'état sec et il est même dangereux à l'état humide. Les vapeurs rouge violacé qu'il dégage sont dues à l'iode mis en liberté :

$$AzI^3 = Az + I^3.$$

L'iodure d'azote préparé avec des solutions d'iode ne détone qu'à l'état sec; celui qu'on obtient comme nous l'avons indiqué peut détoner sous l'eau.

Il se décompose par la lumière. Si l'on place de l'iodure d'azote dans un petit ballon rempli d'eau, il dégage des bulles d'azote dès qu'il se trouve placé à la lumière blanche. Sous l'eau, cette décomposition peut finir par une explosion. Cet accident n'est pas à craindre sous l'ammoniaque. M. A. Guyard a proposé cette substance comme actinomètre en photographie; la quantité d'azote dégagée étant proportionnelle à la quantité de lumière, il suffit de mesurer le volume gazeux obtenu en un temps fixe donné.

Chose remarquable, ce sont les radiations violettes qui ont le moins d'action sur la rapidité de la décomposition. Les rayons jaunes ont une grande activité.

Bromure d'azote.

On fait agir le chlorure d'azote sur le bromure de potassium. C'est un liquide oléagineux à odeur fétide très irritante qui détone facilement.

Sulfure d'azote (Thiazyle).

AzS.

Préparation. — On fait barboter du gaz ammoniac dans un mélange de : une partie de chlorure de soufre et de 8 à 10 parties (en volumes) de sulfure de carbone. Il se forme d'abord du chlorure d'ammonium qui se dépose; la liqueur fonce, puis elle redevient jaune orange; on s'arrête, sinon le sulfure d'azote formé se décompose. Le flacon est alors porté à l'ébullition pour dissoudre le sulfure d'azote. On évapore le liquide filtré au bain-marie, on évapore au $\frac{1}{3}$ et le sulfure d'azote cristallise; en cet état, il n'est pas pur; il renferme du soufre et du chlorure d'ammonium; on enlève le premier par des digestions et décantations dans le sulfure de carbone, puis le second par l'eau distillée jusqu'à ce que les eaux n'agissent plus sur le nitrate d'argent.

$$3\,Cl^2S + 8\,AzH^3 = 2\,AzS + S + 6\,AzH^4Cl.$$

On l'obtient encore par l'action du gaz ammoniac sec sur le chlorure de thionyle $(SO)Cl^2$. On lave le corps jaune obtenu au moyen du sulfure de carbone qui dissout le sulfure d'azote. On fait cristalliser.

Propriétés. — Ce corps se présente en cristaux transparents jaune-dorés, insolubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool, l'éther. Le meilleur dissolvant est le sulfure de carbone.

Le sulfure d'azote est stable à la température ordinaire à l'air sec, à l'air humide. Point de fusion 178°.

La densité égale 2.22. Chaleur de formation — 32.2 pour une molécule (46 gr.).

Il détone avec violence sous le choc du marteau ou par une température de 207°. Il est moins vif que le fulminate de mercure, tant à cause de la densité moindre que de la durée plus grande de sa décomposition. Dégage 243 cc N pour 1 gramme.

Les pressions obtenues par des crushers sont très voisines de celles données par le fulminate de mercure; mais les effets de choc sont moindres.

Azoture d'argent (argent fulminant).

Ag^2N (?)

C'est une poudre noire d'une composition problématique, excessivement explosible; le contact d'une barbe de plume suffit.

Pour le préparer, on fait digérer pendant quelques heures de l'ammoniaque concentrée avec de l'oxyde d'argent fraîchement précipité et humide. On abandonne le mélange dans l'obscurité dans un vase plat. La précipitation est complète au bout de 24 heures. On décante et on répartit la poudre humide sur des morceaux de papier buvard; on laisse sécher spontanément.

Azoture de cuivre.

Poudre verte explosible obtenue par l'action du gaz ammoniac sur l'oxyde de cuivre.

Azoture de mercure.

Hg^3Az^2.

On soumet à l'action du gaz ammoniac de l'oxyde de mercure fraîchement précipité et séché; après saturation à froid, on chauffe

au bain d'huile à 130°, tout en faisant passer le gaz jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'eau :

$$3\,HgO + 2\,AzH^3 = 3\,H^2O + Hg^3Az^2.$$

On purifie en faisant digérer avec de l'acide azotique étendu et froid; celui-ci enlève un peu de mercure métallique et d'oxyde de mercure.

C'est une poudre brun foncé, qui détone avec violence par le choc, le frottement ou la chaleur, l'acide sulfurique. Cette substance doit être maniée avec la plus grande prudence.

Séléniure d'azote.

$AzSe^2$.

C'est une poudre rouge orange, amorphe, dangereuse à manier. Elle détone par un choc faible; une goutte d'acide sulfurique lui fait faire explosion, ainsi qu'une température de 230°.

Acétylure de cuivre.

L'acétylène donne, dans la solution ammoniacale de chlorure cuivreux, un précipité rouge marron; c'est une réaction caractéristique de l'acétylène.

La composition de l'acétylure de cuivre est :

$$O \left\{ \begin{matrix} C^2HCu \\ C^2HCu \end{matrix} \right. \quad (C^2H^2 = \text{acétylène}).$$

L'acétylure de cuivre détone par le choc, par la chaleur à 100° environ, en présence du chlore, du brome, de l'iode. Le mélange d'acétylure de cuivre et de chlorite de plomb détone au moindre frottement. Le corps est peu stable.

On a signalé des explosions de tuyaux à gaz en cuivre contenant de l'acétylure. Celui-ci provient de l'action de l'acétylène, qui existe toujours dans le gaz d'éclairage, sur le cuivre. Il est donc dangereux de nettoyer sans précaution ce genre de tuyaux.

L'acétylène détone, du reste, lui-même sous l'influence d'une capsule au fulminate de mercure. — Le mélange d'acétylure et de chlorate de potassium est un explosif violent très sensible au choc.

Dibromure d'acétylène : $CHBr = CHBr$.

Ce corps, traité par l'acétate de potassium, donne la bromoacétine, $C^2H^2Br(C^2H^3O)$, qui fait explosion par la chaleur.

Acénétyl benzène (phénylacétylène) : $C^6H^5 . C \equiv CH$.

Donne un dérivé nitré (para) $C^6H^4 . NO^2 . C \equiv CH$, soluble dans l'eau. Il donne, avec les solutions de chlorure cuivreux ammoniacal, un précipité rouge brique qui détone avec violence à chaud.

Bioxyde de sodium + aluminium en poudre s'enflamme par l'eau.

Hofmann. *Sels de mercure explosifs.*

Dans ses combinaisons organiques, le mercure divalent fixe une valence à un carbone, tandis qu'il fixe la deuxième sur le reste acide du sel correspondant. Ainsi, on peut indirectement, au moyen du mercure, introduire dans les combinaisons carbonées presque tous les acides inorganiques et obtenir, par un choix approprié, des effets explosifs supérieurs à ceux de la nitrocellulose et de la nitroglycérine. A ce genre de composés se rattachent les chlorates qui sont d'autant plus intéressants que l'union directe de l'acide chlorique avec le C réussit difficilement.

Pour préparer l'aldéhyde chloratodimercurique, on dissout l'oxyde jaune de mercure dans de l'acide chlorique aqueux et dilué de façon que la moitié environ de l'oxyde reste non dissous après une longue agitation. A ce mélange décanté, renfermant un chlorate basique, on ajoute, en refroidissant avec de la glace et en agitant continuellement, une solution alcoolique d'aldéhyde et on laisse cristalliser à froid. Les cristaux font une vive explosion quand on les remue sous le liquide; c'est pourquoi on ne doit les toucher qu'avec un pinceau.

C'est un produit plus dangereux que le fulminate Hg. Sa formule est $C^2Hg^2 . ClO^4H$.

En faisant agir HCl sur ce dernier, du ClO^3H est mis en liberté et il se forme de l'aldéhyde chloromercurique.

On obtient plus facilement une autre substance explosive, mais moins dangereuse : l'aldéhyde chlorato-trimercurique, $ClO^3(Hg^2O) \equiv C . COH$, par introduction d'acétylène pur dans une solution aqueuse de chlorate de mercure. On obtient, avec l'acide perchlorique, des perchlorates plus explosifs encore par introduction d'acétylène dans une solution de perchlorate.

CHAPITRE IV.

POUDRES SANS FUMÉE.

513. — La fumée, dans l'explosion d'une poudre, est la conséquence de la formation de corps solides. Si l'on envisage le cas de la poudre noire, on peut admettre que dans les premiers moments de son explosion dans une arme à feu, tous les produits de la réaction sont à l'état gazeux ou dissociés.

La température s'abaisse rapidement par suite de la détente, du contact des parois de l'arme, de l'air atmosphérique; les corps solides se forment instantanément dans un état d'extrême division et sont entraînés dans l'air sous la forme d'un nuage plus ou moins épais.

Une matière qui, dans le phénomène de l'explosion, n'abandonne aucune substance solide, mais des gaz non condensables à la température ordinaire et dans des conditions atmosphériques spéciales, constituera une poudre sans fumée dans le sens absolu du mot.

Les poudres absolument sans fumée sont extrêmement rares; presque toutes donnent naissance à de la vapeur d'eau, accompagnée de gaz incolores.

Si le temps est sec et chaud, la vapeur d'eau se dissout aussitôt dans l'air et la poudre est sans fumée; si le temps est humide, la vapeur d'eau sera perceptible. La plupart des poudres dites sans fumée en donneront ou n'en donneront pas suivant l'état hygroscopique de l'air.

Nous avons eu l'occasion d'étudier, dans les pages précédentes, un grand nombre de matières explosives sans fumée; la plupart des substitutions nitrées sont dans ce cas. Cependant certaines poudres renferment des matières aptes à fournir des corps solides, tels que des nitrates métalliques, et dont la fumée n'est cependant que très faible. Cela tient à la dilatation subite et considérable des gaz à la

sortie de l'arme, qui projette sous un grand volume les matières ténues (en petite quantité du reste) qui forment la fumée, qui devient fort peu visible.

La recherche d'une bonne poudre sans fumée est un problème difficile à résoudre. Dans les fusils de guerre et les canons, une poudre plus ou moins lente est nécessaire. Son potentiel doit être élevé, afin de donner de grandes vitesses initiales avec des pressions modérées. La fumée doit être imperceptible et les produits de l'explosion ne seront pas toxiques.

La poudre sera chimiquement stable et, emmagasinée plus ou moins longtemps, elle ne doit présenter aucun signe de décomposition ou de désagrégation. L'humidité, la chaleur modérée, le froid, le transport, ne doivent avoir aucune action. Elle sera d'un maniement facile et sans danger pour les transports dans les conditions les plus diverses, ce qui exclut la sensibilité aux chocs et aux frictions. Son homogénéité sera parfaite de manière à conserver la constance des effets balistiques, même après une longue conservation.

Les vitesses initiales et les pressions ne peuvent pas être trop influencées par la température qu'acquièrent les armes au bout d'un certain nombre de coups; il n'en n'est malheureusement pas ainsi pour la plupart des poudres chimiques proposées.

C'est à partir de 1884 que l'on chercha, en France, les moyens de remplacer, dans les canons de tous les calibres, la poudre noire par les explosifs azotés à grande puissance.

Tandis que, depuis très longtemps, la dynamite, le coton-poudre comprimé, etc. étaient employés comme poudre de rupture dans les torpilles, les mines, etc., leur allure brisante avait rendu vaines toutes les tentatives de leur emploi dans les fusils et les canons.

Les poudres sans fumée actuelles sont cependant, pour la plupart, à base de coton-poudre seul ou associé à la nitroglycérine.

Dès l'invention du coton-poudre (1845), on songea à l'appliquer au tir des armes à feu.

A partir de 1846, on institua, dans presque tous les pays, de nombreuses expériences de tir au coton-poudre; on constata bien vite la supériorité du produit nouveau sour la poudre noire au point

de vue de la diminution de la charge, de l'absence de fumée, de l'encrassement moindre, mais on dut bientôt y renoncer à cause de son action brisante sur les parois de l'arme et des vitesses initiales irrégulières qu'il donnait aux projectiles; cela provenait de la forme physique de l'explosif employé à l'état de fils; cet état, en effet, ne permet pas une densité uniforme et une combustion lente.

Le général autrichien de Lenck créa même, de 1852 à 1865, des batteries d'artillerie au coton-poudre. Elles furent abandonnées à la suite de l'explosion des magasins de Simmering (1862), qui avait été précédée, dans d'autres pays, d'explosions formidables spontanées, et aussi par la crainte de produire dans les bouches à feu des pressions dangereuses.

Pelouze proposa de carder le coton-poudre avec du coton ordinaire, mais les résultats furent mauvais.

En 1868, on reprit, en Angleterre, les études avec le coton-poudre comprimé d'Abel; les pressions dans les armes à feu rayées furent encore trouvées trop exagérées.

Enfin, en France, en 1884, le laboratoire central des poudres et salpêtres trouva la méthode générale de régler le mode de combustion des explosifs azotés et de l'approprier à une arme de calibre déterminé; elle est fondée sur l'emploi des explosifs sous la forme colloïdale, que l'on obtient généralement par la dissolution du coton-poudre dans l'éther acétique, l'alcool éthéré, l'acétone, etc.

Les expériences françaises de 1884 établirent le type de la poudre du fusil modèle 1886 dès l'année 1885 : ce type a permis d'accroître de 100 mètres, pour les mêmes pressions, les vitesses réalisées dans ce fusil avec la poudre noire.

Dans tous les pays on fit des recherches et des études dans le même sens, et l'on peut dire aujourd'hui que la poudre noire est définitivement remplacée partout et avantageusement, pour le tir des armes portatives et des bouches à feu, par les nouvelles poudres chimiques.

Depuis longtemps déjà on avait pu constater les avantages des calibres réduits pour les armes portatives. L'encrassement produit

par la poudre noire ne permit pas de réaliser pratiquement des études qui avaient démontré la possibilité de faire faire à la balistique un grand pas en avant. Le problème fut résolu dès l'introduction de la poudre sans fumée; on peut diminuer les calibres à un point tel qu'on emploie déjà dès maintenant des balles aiguilles de 5^{mm} avec des vitesses initiales de 800 mètres.

Les avantages des nouvelles poudres balistiques sur la poudre noire sont nombreux et importants.

Leur force est beaucoup plus grande, elles ne donnent pas de fumée, pas ou peu de résidus solides et le bruit de la détonation est moins intense.

Si l'on tient compte du potentiel des deux explosifs, on constate qu'il y a près de 100 000 Kgm. par Kg. en faveur du coton-poudre.

La vivacité de la poudre a une influence sur le nombre de calories absorbées par les parois de l'arme : il est certain que plus longtemps dure le contact des gaz avec le métal, plus la perte en calories utiles augmente.

Il existe une autre perte de calories due au tir lui-même. On cherche dans une arme à feu à utiliser complètement l'énergie développée par la charge explosive en faisant usage d'armes suffisamment longues pour que la charge soit complètement comburée au moment où le projectile quitte le canon. Mais il faudrait, pour cela, employer des armes d'une longueur trop considérable pour la facilité de leur maniement; on est donc obligé avec des explosifs peu rapides de ne pas utiliser toute leur énergie, et le projectile est poursuivi à sa sortie par des gaz à haute température et à haute pression. L'idéal d'une utilisation complète de l'énergie est évidemment mieux réalisé par l'emploi d'un explosif rapide.

Il faut encore tenir compte de ce qu'une partie de l'énergie de la poudre est la cause du recul de l'arme, que ce recul est fort avec des poudres noires et beaucoup plus faible avec les poudres nouvelles.

L'invention des poudres sans fumée coïncidait avec des améliorations notables dans les aciers dont les résistances étaient considérablement augmentées; l'instrument était prêt à recevoir les explosifs nouveaux.

514. Fabrication de la poudre sans fumée. — Depuis quelques années de très nombreuses combinaisons ont été essayées, et les inventeurs ont donné libre cours à leur fertile imagination. Mais partout on est actuellement d'accord sur ce point, que les poudres sans fumée doivent être le plus possible à base de coton-poudre pur ou à base de coton-poudre et de nitroglycérine mélangés. La nitroglycérine excite cependant de la méfiance au point de vue de sa longue conservation ; aussi, y a-t-il une tendance générale à l'écarter, d'autant plus que sa fabrication et son maniement dans les différentes opérations de malaxage avec le coton-poudre offrent de graves dangers.

La combustion du mélange de nitroglycérine et de coton-poudre développe aussi une grande chaleur, et avec le mode d'amorçage employé dans les cartouches de fusil, il y a souvent dégagement de gaz nitreux qui a une action corrosive prononcée sur les armes. La température est à peu près de 800° plus élevée qu'avec le coton-poudre pur.

La fabrication de la poudre sans fumée à base de coton-poudre pur, au contraire, est exempte de ces défauts ; la matière ne saurait faire explosion par le fait des appareils mécaniques bien construits, car elle reste constamment d'une inertie remarquable aux chocs, chose due, soit à son état humide, soit à son état colloïdal. Sa fabrication offre certainement moins de dangers que celle de la poudre noire.

Comme matières premières de la fabrication de la poudre sans fumée, on a la nitrocellulose, l'éther acétique, l'acétone, le mélange alcool-éther.

La nitrocellulose est employée à l'état de poussière. Elle est desséchée en la chauffant un jour à 40° c.

En Autriche, on accélère le séchage au moyen d'alcool concentré qu'on ajoute à la nitrocellulose. La quantité d'alcool employée est assez minime, puisque le coton-poudre venant des essoreuses contient à peu près 30 % d'eau qui disparaît presque complètement par la chaleur, il ne faut donc plus qu'un peu d'alcool pour enlever le restant de l'humidité qui est retenue avec ténacité.

La nitrocellulose doit se présenter en fine poussière sans gru-

meaux; ceux-ci ne se dissolvent que lentement et s'entourent d'une pellicule visqueuse sous l'influence du dissolvant, dont l'action sur le noyau est bientôt empêchée.

Classification des poudres sans fumée.

515. — On peut classer ces poudres en trois classes :

1° Les poudres à base de nitrocellulose seule.

a) Poudres à nitrocellulose forte (endécanitrique).

b) Poudres à nitrocellulose faible (collodion).

c) Poudres formées d'un mélange des deux nitrocelluloses précédentes.

Ce sont les poudres du type Vieille.

2° Les poudres à base de coton-poudre et nitroglycérine.

a) Les poudres type Nobel composées d'un mélange de nitroglycérine et de coton-poudre collodion (type balistite).

b) Les poudres type Abel composées d'un mélange de nitroglycérine et de coton-poudre insoluble (type Cordite).

3° Les poudres avec acide picrique, picrates, hydrocarbures nitrés, etc.

Poudres au coton-poudre seul.

516. — La fabrication comprend plusieurs opérations :

1° La gélatinisation ou malaxage;

2° Le laminage;

3° Le grenage;

4° Le séchage.

Gélatinisation.

517. — Suivant la nature du coton-poudre, on fait usage d'une grande variété de dissolvants. Pour le coton-poudre fort, on fait usage d'acétone et d'éther acétique; pour le coton-poudre collodion, on emploie l'alcool-éther. Il est évident que l'industriel fait usage de diverses combinaisons de liquides suivant le but qu'il poursuit, combinaisons qu'il tient secrètes.

La gélatinisation a pour but de donner au CP son maximum de densité en supprimant les pores. La compression mécanique n'est pas suffisante dans ce but, et c'est ce qui fit que les poudres Schültze à base de nitrocoton comprimé, inventées une vingtaine d'années avant les poudres colloïdales de M. Vieille, n'avaient pu être employées ailleurs que dans les armes de chasse.

518. Malaxeurs Werner et Pfleiderer. — Aujourd'hui on emploie presque universellement les beaux malaxeurs provenant de la fabrique de *MM. Werner et Pfleiderer, à Cannstatt (Würtemberg).*

En principe, le malaxeur, qui n'est qu'un malaxeur à pâte de farine approprié spécialement au travail de la pâte de coton-poudre, se compose d'une auge dont la partie supérieure est en forme de caisse et la partie inférieure est composée de deux demi-cylindres placés l'un contre l'autre et qui se coupent suivant une génératrice horizontale.

Dans l'auge se meuvent deux axes horizontaux armés de palettes contournées en hélices. Quel que soit l'arrangement adopté pour les palettes, on fait en sorte que lorsqu'elles sont mises en mouvement, elles saisissent une partie de la pâte, la compriment, la refoulent contre la génératrice commune des deux cylindres et la font avancer dans un sens et dans l'autre de la longueur de l'auge.

Les palettes ne se trouvent qu'à une très faible distance des parois cylindriques pour que celles-ci soient pour ainsi dire raclées afin d'éviter qu'une partie de la pâte ne colle contre elles et n'échappe au malaxage. Ce grand rapprochement est une cause de danger et il a déjà occasionné l'inflammation du contenu du malaxeur et l'explosion de l'appareil.

Les hélices sont mises en mouvement par un système de roues dentées disposées de telle façon qu'un arbre tourne deux fois plus vite que l'autre. On obtient ainsi un malaxage plus énergique d'un côté que de l'autre; la pâte est soumise à un travail inégal de torsion, de compression, de refoulement auquel aucune partie de la masse plastique ne peut échapper.

MM. Werner et Pfleiderer ont pris un brevet pour un système particulier d'embrayage des poulies. Sur l'un des axes des hélices

se trouvent deux poulies folles dont l'une est mise en mouvement par une courroie droite et l'autre en sens inverse par une courroie croisée. Entre ces deux poulies se trouve un plateau calé sur l'axe de rotation, de telle sorte que le sens de la rotation du plateau est celui de l'axe. Le plateau est muni d'un manchon qui peut prendre sur l'axe un mouvement longitudinal.

Ce plateau ou disque comporte vers sa circonférence deux surfaces frottantes en forme de cônes. Les circonférences des poulies folles, en regard du disque, portent aussi des surfaces coniques de frottement.

Si donc, au moyen d'un volant à main, on fait glisser le disque vers une des poulies, les deux surfaces coniques vont venir en contact et la poulie en mouvement va entraîner le disque; repousse-t-on au contraire le plateau vers l'autre poulie, on renversera immédiatement le sens de la rotation. Si le plateau est glissé dans une position intermédiaire telle qu'il ne touche aucune des poulies, l'arbre, et par conséquent la machine, est arrêté.

Après le travail de malaxage, on doit vider l'auge. Il existe dans ce but un dispositif original qui permet de la renverser tout en n'arrêtant pas le mouvement des hélices; la vidange du malaxeur s'opère donc automatiquement.

Pour obtenir ce résultat, l'auge peut prendre un mouvement circulaire autour de l'axe moteur des hélices. Sur le fond extérieur de l'auge, à peu près dans le même plan vertical de l'arbre moteur, se trouve un petit axe de rotation muni d'un écrou au travers duquel passe une longue vis munie d'une roue conique; celle-ci est mise en mouvement au moyen d'une roue d'angle. La vis est disposée de telle façon qu'elle peut prendre un mouvement de rotation autour de son axe et un mouvement circulaire autour d'un point fixe placé aux environs de la roue conique. Si donc on met en mouvement la vis, l'écrou glisse sur elle et entraîne le fond du malaxeur qui, tournant autour de son axe, se trouve bientôt renversé.

Dans des buts spéciaux, le malaxeur est muni d'un dispositif à circulation d'eau froide ou d'eau chaude. S'il s'agit de malaxer un mélange de coton-poudre et d'éther acétique qui s'échauffe spontanément, on rafraîchira l'appareil; si, au contraire, on malaxe des

matières qui exigent une certaine plasticité pour le mélange ou pour le moulage, par exemple les gélatines explosives trop compactes à froid, on fera circuler de l'eau à une température suffisante.

Le malaxeur est ordinairement en fonte et les hélices en acier; cependant il est prudent de faire l'auge en laiton et les hélices en bronze.

Il a été pris des précautions spéciales pour que la pâte ne s'échappe pas de l'auge par le vide qui existe entre les arbres de rotation et les parois du malaxeur. Cela est surtout nécessaire avec des masses un peu visqueuses telles que les gélatines-gommes et matières analogues.

On comprend que pour éviter des frottements accidentels par oubli de graissage, les axes ne tournent pas dans des coussinets. Il faut laisser un petit jeu d'environ un demi-millimètre entre les axes de rotation et les parois du malaxeur. Avec des pâtes un peu fluides, il y a échappement de matière qui se glisse le long de l'arbre et peut éprouver plus loin des frottements dangereux dans les engrenages. Pour parer à ce danger, on a disposé sur les axes des plateaux avec racloirs qui conduisent les matières dans un réservoir, d'où on les reprend de temps en temps.

Afin de pouvoir nettoyer parfaitement l'auge, celle-ci se compose de deux parties qui reposent l'une sur l'autre par un plan à hauteur de l'axe de l'hélice. Les surfaces de contact sont parfaitement dressées, de sorte que l'auge ne paraît en réalité formée que d'un seul bloc. En enlevant la partie supérieure, on peut enlever les hélices.

Afin de pouvoir introduire le dissolvant dans le malaxeur et empêcher sa volatilisation, l'appareil est souvent muni d'un couvercle sur lequel est adapté un vase complètement fermé et rempli du liquide. Au moyen d'un robinet, on peut le laisser écouler à l'intérieur du malaxeur.

En général, cette précaution n'est pas indispensable; on se contente de mettre sur la machine un couvercle mobile, facile à enlever et on combat la volatilisation rapide du dissolvant, produite par l'échauffement de la masse, par une réfrigération énergique de l'appareil au moyen d'une circulation d'eau froide. L'évaporation est ainsi presque annulée.

Pour une opération, on remplit la machine avec la quantité voulue de coton-poudre et on verse dessus le dissolvant dans une certaine proportion (éther acétique, acétone, etc.).

A Caulille (Limbourg belge), les malaxeurs contiennent 50 kg. et plus de matière chacun. On verse d'abord dans la forme un certain nombre de litres de dissolvant, puis on ajoute quelques kilogrammes de coton-poupre; on fait tourner les hélices; on ajoute du coton-poudre, puis du dissolvant et enfin du coton-poudre. On fait usage de 20 kg. de coton-poudre et 11 kg. de dissolvant.

La nitrocellulose, par l'effet du dissolvant et du malaxage, se divise beaucoup et après un temps très court, la masse prend l'aspect d'une pâte.

Suivant la solubilité du coton-poudre et la nature du dissolvant. l'opération du malaxage dure plus ou moins longtemps. Comme la récupération du dissolvant hors de la pâte achevée n'a pas reçu jusqu'à présent de solution satisfaisante, on tâche d'employer le moins de liquide possible et l'on préfère malaxer un peu plus longtemps. Dans ce cas, l'opération peut durer 6 à 8 heures.

A l'état de pâte, en présence du dissolvant, le coton-poudre a perdu entièrement ses propriétés explosives; il est cependant très inflammable et l'on doit prendre des précautions très grandes contre le feu.

Laminage.

519. — Le but du laminage est d'augmenter encore la densité de l'explosif, ainsi que son homogénéité. En outre la matière subit un commencement de séchage.

La pâte provenant du malaxeur est portée au laminoir (construit par Fr. Krupp Grusonwerk). Elle est versée dans une trémie où se trouve un refouloir qui la repousse vers le bas.

Le laminoir se compose de deux cylindres horizontaux en fonte durcie, placés l'un contre l'autre et d'un troisième placé sous le cylindre antérieur. Les cylindres sont chauffés à la vapeur d'eau et ils sont fixés à des distances convenables les uns des autres par un dispositif spécial.

La pâte passe d'abord entre les deux cylindres supérieurs, puis

entre le cylindre antérieur et celui du dessous. Un racloir placé contre le cylindre antérieur et maintenu par un contrepoids empêche la feuille laminée de coller contre le métal et de monter; la feuille est amenée sur une table.

Les feuilles déroulées sont portées dans un séchoir où la majeure partie du dissolvant disparaît.

Pendant cette évaporation, il se forme souvent des ampoules dans les feuilles. Pour les empêcher et aussi pour rendre la dissolution de la nitrocellulose aussi parfaite que possible, on fait passer les feuilles par un laminoir spécial construit soit par Fr. Krupp, soit par la maison Werner et Pfleiderer.

Les deux constructeurs font usage d'une paire de cylindres chauffés mus par des roues dentées et munis d'un racloir.

Dans le laminoir de Krupp on peut rapprocher le cylindre supérieur du cylindre inférieur par un système de vis mû au moyen d'un volant à main. Celui-ci porte des graduations qui se meuvent devant un index fixe, ce qui permet de calculer exactement l'écartement des cylindres.

Dans le laminoir Werner et Pfleiderer, le rapprochement des cylindres se fait au moyen d'une transmission par chaîne et roues coniques.

Les laminoirs sont munis de tubes à robinets pour l'introduction de vapeur d'eau ou d'eau froide.

Par la forte pression des feuilles dans ces laminoirs, toutes les ampoules disparaissent et la compression aidée de la chaleur produit une combinaison plus accentuée entre le dissolvant qui reste et la nitrocellulose, de sorte que les feuilles paraissent tout à fait transparentes et homogènes.

Les laminoirs peuvent donner directement l'épaisseur voulue, mais on préfère laminer plus mince, sauf à rendre l'épaisseur désirée en superposant les minces feuilles et en écartant ensuite les cylindres. On obtient ainsi une homogénéité plus grande, une disparition plus parfaite du dissolvant. Les feuilles ainsi soudées sont transparentes et ne montrent aucune trace de soudage.

Le laminage des feuilles ne peut se faire trop rapidement; il faut

diminuer graduellement l'épaisseur, sinon la surface des feuilles n'est pas polie et se crevasse.

On a essayé de regagner le dissolvant qui se vaporise pendant le laminage; dans ce but, on a recouvert la machine au moyen de chapiteaux mis en relation avec des trompes à vide qui conduisent les vapeurs dans des appareils de condensation; mais comme le dissolvant n'abandonne que très lentement le coton-poudre, on aspirait une quantité considérable d'air et la récupération d'une si faible quantité de liquide ne payait pas les frais.

Les feuilles, au sortir du laminoir, ont à peu près la consistance du caoutchouc.

520. *Grenage.* — On fait usage de machines qui découpent d'abord les feuilles en bandes, puis celles-ci en grains.

La forme la plus primitive d'une machine à découper fut celle des machines à découper le tabac, dans lesquelles un couteau coupant obliquement monte et descend pendant que les feuilles avancent.

La machine presque exclusivement employée maintenant est munie d'une série de couteaux circulaires en forme de disques et disposés parallèlement les uns aux autres sur un même axe de rotation; les feuilles sont d'abord coupées en bandes étroites longitudinales qui sont poussées en avant contre un autre couteau rotatif qui les découpe en carrelets. La maison *Bolle et Jordan*, à Berlin, construit ces sortes de machines.

La machine à découper contient dans ses parties essentielles deux axes de rotation parallèles, sur lesquels sont montés les couteaux-disques en nombre voulu et maintenus à distance déterminée au moyen de petits manchons calés sur les arbres. Les tranchants des couteaux-disques des deux arbres ne sont pas vis-à-vis les uns des autres, mais se touchent par leurs surfaces intérieures, comme les lames d'une paire de ciseaux. Devant les couteaux se trouve une sorte de peigne-racloir qui empêche la feuille de coller aux couteaux et qui sert en même temps de guide aux bandes. Celles-ci sont poussées en avant par un dispositif spécial et sont soumises à l'action d'un couteau rotatif qui, découpant les minces lanières perpendiculairement à leur longueur, les transforme en carrelets. Ce couteau se

compose d'un axe de rotation sur lequel on a monté quatre tranchants en acier. Il va sans dire que tous les axes de la machine ont des vitesses combinées et concordantes.

La feuille est préalablement introduite dans une espèce d'auge dans laquelle elle se déroule lentement.

Pour que les carrelets de poudre ne s'éparpillent pas, les couteaux sont enveloppés d'une espèce de boîte en laiton munie par en dessous d'un entonnoir qui les évacue dans un récipient.

Une autre machine assez employée dans les derniers temps a été inventée par *M. Ernst Schiess, à Dusseldorf-Oberbilk*. Le principe est sensiblement le même. La machine de Bolle et Jordan possède deux appareils à découper, celle de Schiess n'en a qu'un seul, mais, par contre, cette dernière machine est plus compacte, plus facile à régler et l'accès de toutes ses parties est plus aisé.

Les grains provenant des grenoirs contiennent encore une petite quantité de dissolvant dont on se débarrasse par un séchage de 3 à 4 jours à une température d'environ 40° c.

Plusieurs usines sèchent au vide sec. L'étuve Passburg est beaucoup employée.

Dans certaines poudres, on laisse une partie du dissolvant afin de diminuer leur nature brisante, ce que l'on peut obtenir également en ajoutant un peu d'alcool à l'acétone. Cependant des traces de dissolvant ne sont que nuisibles dans des poudres bien fabriquées, avec une nitrocellulose choisie avec soin, parce que ces poudres augmentent de vivacité avec la disparition ultérieure des vapeurs.

On peut diminuer l'allure brisante par un simple graphitage. La poudre prend alors une couleur variant du gris d'argent au gris foncé. On teint même les poudres avec de l'aniline pour donner plus d'uniformité dans la couleur.

On ajoute encore d'autres matières pour tempérer les pressions : de la résine, de la poix noire (brai), etc.

Cette addition de matières carbonées semble, au premier abord, être irrationnelle; on sait que le coton-poudre est à combustion incomplète et qu'il dégage de l'oxyde de carbone; on peut transformer celui-ci en acide carbonique par l'addition d'oxydants;

la quantité de chaleur augmente et le potentiel de l'explosif s'accroît. Si cela est désirable dans les trous de mine, cela a un inconvénient très sérieux dans les bouches à feu ; celles-ci, au bout d'un nombre peu élevé de coups, s'échauffent tellement que le tir doit être interrompu. En ajoutant du carbone au coton-poudre, on provoque un dégagement considérable d'oxyde de carbone et l'on sait que la formation de celui-ci absorbe beaucoup de chaleur; le volume des gaz est un peu augmenté, de sorte qu'il y a une compensation qui se fait au point de vue des pressions et des vitesses initiales, mais cette poudre échauffe beaucoup moins les armes. Sous ce rapport, les poudres à combustion complète (coton-poudre et nitroglycérine) sont inférieures.

Poudres diverses à base de nitro-coton.

521. Poudre française, dite poudre B.

Coton-poudre fort	68,21
Coton-poudre soluble	29,79
Paraffine	2,00

Elle se présente sous forme de petits carrés plats, de couleur brunâtre, à odeur d'éther acétique; elle ne remplit pas entièrement la douille de la cartouche. Les charges sont environ le tiers des charges anciennes. L'artillerie française emploie la même poudre, mais à grains plus gros.

On a aussi mis en service en France une poudre B. N. pour les usages privés (poudre B nitratée).

Nitrocellulose soluble	41,31
„ insoluble . . .	29,13
Nitrate de baryum	19,00
Nitrate de potassium	8,00
Carbonate de soude	2,00

Voici quelques données relatives à cet explosif extraites du *Mémorial des poudres et salpêtres :*

Canon de 57mm à tir rapide.
Projectile de 2 kg. 270.

	Charges.	Vitesses. V_0	Pressions
Poudre brune C_2	0,930	610	2600 kg.
» B. N.	0,460	655	2600

Canon de 90mm. Modèle 1877.
Projectile de 8 kg.

		V_{35}	
Poudre noire C_1	1,900	450	1800
» brune C_2	1,900	469	1780
» B. N.	0,860	434	1240
» B. N.	1,050	504	2260

Canon de 155mm.
Projectile de 40 kg.

		V_{50}	
Poudre noire SP_1	8,750	450	2000
» prismatique brune	9,000	357	1400
» B. N.	5,000	453	990
» B. N.	6,000	523	1435

Canon de 34cm. Modèle 1870-84.
Projectile de 420 kg.

		V_6	
Poudre noire A $\frac{30}{40}$	118,0	507	2015
» prismatique brune	182,0	611	2100
» B. N.	84,0	613	2029

Poudres allemandes. — 1° Poudre à fusil *(Gewehr-Blättchenpulver)* lamelles rectangulaires, jaune grisâtre; 2° Poudre à canon *(Geschütz-Blättchenpulver);* les lamelles sont plus grandes; elle est

employée dans les canons de campagne et le 12c lourd; 3° la grosse poudre en lamelles *(grobes Blättchenpulver)*, canon de 15c, 21c, 15c long; 4° la poudre en dés *(Würfelpulver)*; grains cubiques de plusieurs sortes pour le canon revolver de 3c7; le canon à tir rapide de 53mm, le canon de 15c court, etc.

Poudre Wolff (Walsrode). — Fulmicoton en grains à la surface desquels on forme un vernis protecteur au moyen de l'éther acétique.

Les grains sont plats, roux et lisses. Les derniers échantillons sont sans doute obtenus par la méthode générale.

La firme Wolff et Cie, à Walsrode, fabrique aussi une poudre de chasse. On mélange la nitrocellulose avec de l'éther acétique et on malaxe. On ajoute alors de l'eau à 60°. On malaxe encore et on injecte de la vapeur d'eau dans la pâte; celle-ci se transforme en grains fins. On traite ceux-ci par l'eau chaude jusqu'à l'élimination complète du dissolvant, on essore et on classe au tamis.

Poudre Maxim. — On soumet le coton-poudre à l'action des vapeurs d'éther acétique; quand il est bien imprégné et dans un état de demi-ramollissement, on le comprime, on laisse évaporer le dissolvant, puis on granule ou on pulvérise.

Poudre Troisdorf. — Nitrocellulose pure; les grains sont plats, roux, graphités.

Poudre à faible fumée autrichienne (Major Schwab). — Nitrocellulose pure, grenée et lissée au graphite; grains de 0 mm. 75 pour les fusils. Charge : 2 gr. 75; vitesse initiale : 600 m. avec la balle de 15 gr. 8; pression : 3.000 atmosphères.

Poudre sans fumée dite apyrite. — A base de coton-poudre. Elle est fabriquée en Suède par la Société Grakrut. Résultats balistiques analogues aux autres poudres.

Kynite. — Poudre sans fumée anglaise spéciale contenant 27 % de NG (avec ou sans addition de 1/2 % de benzol sulfuré) + 73 % de farine de bois dans laquelle on a incorporé des nitrates K, Ba, Na et un peu de carbonates Na, K.

Poudre Abel. — En 1886, sir Frédéric Abel prit un brevet pour une poudre sans fumée (smokeless powder). C'est un mélange de

coton-poudre et de nitrate d'ammonium; on ajoute de l'huile ou de l'essence de pétrole; on pétrit soigneusement et on moule en blocs, prismes ou grains; on chauffe pour éliminer le liquide.

La composition finale est :

Nitrocellulose	100
Nitrate d'ammonium	10 à 26 (élément d'hygroscopicité).

Poudre Turpin. — (Brevet de 1888.) C'est de la nitrocellulose dissoute dans un liquide convenable et additionnée de camphre, de paraffine, etc., pour ralentir la combustion. La matière est comprimée, desséchée et finalement découpée en grains de grosseur convenable.

Poudre Gaëns. — (Brevet de 1889.)

Voici sa composition :

Nitrocellulose	25
Nitrate de potassium	60
Sel ammoniac	15

Ce n'est pas une poudre sans fumée.

Poudre de Landskrona. — Inventée par E. Schenker. Elle est règlementaire en Suisse depuis 1890 et en Danemark. Elle est fabriquée par une société suédoise *Swenska Krutfactorierna* dont les usines sont à Annestof, à Landskrona. Il existe une usine de cette même poudre à Worblaufen, près de Berne.

C'est pratiquement de la nitrocellulose pure gélatinisée au moyen d'acétate d'amyle. D'après les inventeurs, les charges sont de 10 à 15 % moindres qu'avec les autres poudres à base de nitrocellulose. Les résultats sont les mêmes qu'avec la cordite et la balistite, mais avec un développement moins considérable de chaleur et un emoindre dégradation des armes.

Avec la poudre de Landskrona, il a été tiré :

30.000 coups de fusil avec une détérioration nulle de l'arme.

880 coups de canon de campagne sans écouvillonner.

Tandis que les poudres à base de nitroglycérine donnent :

1000 coups de fusil avec l'arme hors de service.

100 coups de canon id.

La stabilité chimique est considérable; la poudre n'attaque pas les douilles au bout de trois ans et la vitesse initiale est conservée.

Elle ne fournit pas de flamme au tir comme les poudres nitro-glycérinées.

	Poudre pour fusils.	Pour canons de campagne.
Nombre de grains	1014 au gramme.	40
Densité gravimétrique	0,750	»
Densité	1,54	1,55
Humidité	1,5 %	1,2 %

Essais balistiques (fusils).

	Landskrona.	Cordite.	Poudre Troisdorf.
Calibre	$7^{mm}65$	$7^{mm}7$	8^{mm}
Poids de la balle	$13^{gr}8$	$13^{gr}9$	$14^{gr}5$
Pressions	2200 atm.	2286	2550
Vitesses initiales	620	606	604

Fusil de 8^{mm}, balle de $14^{gr}5$.

Charges.	Vitesses à 25^{m}.	Pressions.
$2^{gr}60$	694	
2, 40	650	
2, 30	617	
2, 25	605	2458 atm.
2, 20	586	

Canon.

	Calibres.	Poids des projectiles.	Charges.	Vitesses.	Pressions.
Canon de campagne 23 calibres.	$8^{c}4$	$6^{k}7$	560^{gr}	473	1454 kg
Canon de montagne 11 cal.	$7^{c}5$	$4^{k}3$	170	320	1100
Canon de siège 25 cal.	12.0	18.0	2000	530	1900
Obusiers	12.0	18.0	300	237	900
Mortiers	12.0	18.0	300	226	820

Conservation.

Temps en magasin.	Humidité.	Vitesses.	Pressions.
1 mois	1.19 %	478	1731
11 „	1.35	466	1567
23 „	1.20	475	1647
11 „ cave humide	3.60	441	1312
23 „ „	2.60	450	1356

Résistance à l'humidité.

Poudre à 1.5 % d'humidité au bout de 2 jours absorbe 1.1 %.

Stabilité chimique.

Elle résiste à 70° c. pendant 8 jours de 8 heures.

Cent coups tirés consécutivement avec la poudre normale élèvent la température du fusil à 140° c. La balistite dans les mêmes conditions donne 240° c.

La température d'inflammation est de 180° c.

Influence de la chaleur. — Des cartouches chauffées à 30° c. donnent dans le fusil de 8^{mm} avec la balle de $14^{gr}5$ et une charge de $2^{gr}4$, une vitesse de 608 m. avec une pression de 2552 kg.

Des cartouches à — 10° c donnent 500 m. avec P = 2460 kg.

Poudres belges.

522. — Fabriquées à Caulille (Limbourg). Elles sont au coton-poudre pur et classées comme il suit :

1° PL^3 Poudre sans fumée pour armes portatives (fusil et carabine modèle 1889).
Grains plats de 1-2 mm. de côté et d'une épaisseur de $0^{mm}25$.

2° $PL^3\frac{4}{5}$ Poudre sans fumée pour canons rayés de $8^{c}7$ et de $7^{c}5$ à tir accéléré.
Grains plats de 4 × 5 × 0,7 mm. Les grains sont graphités.

3° $\frac{PL^3}{24^c\ L}$ Poudre en languettes pour canon de 24c long.
Languette de 288 × 39 × 1,8 mm.

4° $\frac{PL^3}{7^c5\ TR}$ Poudre en languettes pour canon Krupp de 7c5 à tir rapide.
Languettes 210 × 16,5 × 0,78 ± 0,05.

523. Caractères balistiques de ces poudres.

Designation de la poudre.	Projectile employé pour la réception de la poudre.	Charge de tir.	Vitesse.	Facteur de régularité des vitesses. Écart quadratique.	Pression par c² en atm.
PL³	Balle en plomb Enveloppe maillechort. P = 13gr ± 0,05	2gr2 varie de 2gr15-2gr25	V_{50} = 565 ± 15	Écart.quad. moyen = 6 mètres.	2200
PL³ $\frac{4}{5}$	Projectile de 8c7 plein cylindrique du poids de 6k800.	0k540	V_0 = 458 ± 7	2m50	2300 (max.).
$\frac{PL^3}{24^c\ L}$	Projectile lesté de 24c4. P = 155k900.	24 kg environ.	V_{100} = 613-623	A la réception on ne tire que 3 coups.	2800 (max.).
PL³ 7c5 TR	Projectile de 7c5 Krupp. P = 6k500.	0k580	V_0 = 509	2m50	2200 (max.).

En essai : poudre sans fumée pour pièce à tir courbe.

1° Pour obusiers de 12c et de 8c7.

A. Obusier de 8c7. Poudres en disques percés. { Diamètre 87mm1 trou central. Épaisseur 0,238.

Nombre de disques au kg = 520 } Poudre à base de
Densité au mercure = 1,614 } nitrocellulose.

Données balistiques :

Projectile de 8c7, poids 6k800, V_0 = 220 m., P_{max} = 1050 atmos. charge 0k105.

B. Obusiers de 12c pour coupoles : projectile 20 kg, V_0 = 320-325, pression maximum 1600 atmosphères.

524. Tableau des caractères chimiques.

DOSAGES MOYENS.

Poudres.	Eau °/₀ perte de poids à l'anhydride phosphorique.	Matieres extraites par l'ether sulfurique ch. pur °/₀.	CP insoluble °/₀.	CP soluble °/₀.	Cendres °/₀.
PL³	1,3	1,5 résine, etc.	40	60	0,3 °/₀.
PL³ 4/5	1,5	1,5	80	20 max.	0,8 °/₀. y compris les cendres du graphite.
PL³ / 24c4	1,5	1,5	50	50	0,3 °/₀.
PL³ / 7c5 TR.	1,3	5,0	40 max.	60	0,3 °/₀.

Les épreuves de réception comprennent des tirs balistiques et la détermination des caractères physiques et chimiques de la poudre.

525. Caractères physiques. — *Aspect extérieur.* — Exempte de poussier, couleur uniforme (brun clair), forme et dimensions des grains, nombre de grains au gramme, nombre de languettes au kilogramme, densité gravimétrique, densité à l'appareil Bianchi.

Caractères chimiques.

a) Matières volatiles, cendres, résines, etc., nitrocellulose insoluble et soluble ;

b) Degré de nitrification de la nitrocellulose ;

c) Résistance à la chaleur, au chlorhydrate de m. phénylènediamine (Griess) et méthode Bergmann ;

d) Point de décrépitation : un échantillon de $0^{gr},1$ de poudre est plongé au moyen d'un tube d'épreuves dans un bain d'huile chauffé à 100° c. La température du bain est graduellement élevée de façon qu'elle augmente de 5° par minute ± 0',25 et que la limite de 170° soit atteinte au bout de 14'. La déflagration ne doit pas se produire en dessous de 170° ;

e) Acidité. On place 30 gr. de poudre dans une fiole contenant

50 cc. d'eau distillée, on fait bouillir et on ajoute 2 ou 3 gouttes d'une teinture de tournesol. Le liquide ne doit pas virer au rouge d'oignon.

Poudres à base de nitrocoton et nitroglycérine.

526. — Après l'invention de M. Vieille, Nobel proposa le mélange de coton-poudre et de nitroglycérine. C'est de la gomme explosive à plus forte dose de nitrocoton.

Poudre Nobel (Balistite, Filite).

Coton-poudre soluble	50
Nitroglycérine	50

On ajoute quelquefois des bases organiques comme l'aniline, à la dose de 1 %, pour augmenter la stabilité.

On dissout la nitrocellulose dans de la nitroglycérine; parfois on y ajoute de l'amidon nitré ou de la nitrodextrine, du camphre, suivant les effets balistiques à obtenir. Quand la proportion de nitroglycérine dépasse $\frac{2}{3}$, la matière est visqueuse et ne peut être granulée; si la proportion du coton-poudre dépasse $\frac{2}{3}$, la substance est sèche, dure et cassante. Il faut maintenir un juste milieu.

Voici les détails de la fabrication :

On ajoute, à une température de 6 à 8° c., une partie de coton-poudre collodion (coton-poudre octonitrique) à 6 ou 8 parties de nitroglycérine. Ce mélange est placé dans un vase dans lequel on peut faire le vide au moyen d'une pompe pneumatique, ce qui permet un contact intime des matières. On exprime ensuite la nitroglycérine au moyen d'une presse ou par la force centrifuge. Le gâteau obtenu est mis en morceaux, qu'on porte à la température de 60 à 90° c., à laquelle la nitroglycérine dissout le collodion; puis on convertit la masse en minces lamelles en maintenant toujours la même température. Plusieurs lamelles sont placées les unes sur les autres et passées au laminoir chaud, de façon à obtenir des plaques plus ou moins épaisses. Le produit doit être parfaitement homogène et également transparent partout. L'épaisseur des plaques réglée suivant la grosseur des grains de poudre à fabriquer; rme des grains est cubique ou parallélépipédique plate.

L'explosif proposé pour les armes à feu est fabriqué comme suit :

On dissout 20 à 30 parties de coton-poudre pulpé dans 100 parties de nitroglycérine et 20 parties de camphre; on y ajoute ensuite 100 parties d'amidon nitré à la teneur de 12,5 % d'azote et 200 parties de nitrodextrine à la même teneur d'azote. Le tout est pétri à la température de 60° c.; on opère le mélange en faisant passer la pâte entre des rouleaux chauffés; on lamine enfin en feuilles minces et on découpe en morceaux de grosseur convenable.

On peut incorporer à cette pâte des nitrates, des chlorates, des picrates, etc.; pour les poudres de chasse, quand la fumée n'est pas un inconvénient, on ajoute aussi 1 % d'aniline ou de diphénylamine.

Tirs effectués avec la poudre Nobel sans fumée à Essen en 1889.

(PROPORTIONS ÉGALES DE CP ET DE NG.)

	Grosseur des grains.	Nos des coups.	Poids de la charge.	Poids du projectile.	V_{24}	Pression maximum atm.
	mm.					
Canon à tir rapide de 8c4, 40 cal. de longueur pesant 1050 kg.	4	1	1.500	7.060	706	1685
	4	2	1.600	7.070	739	2100
	4	3	1.500	8.110	680	2010
	4	4	1.500	8.110		2080
	4	5	1.500	8.110		2010
	3	6	1.300	8.110	661	2220
	3	7	1.300	8.110		2140
					V_{10}	
Canon de 7c5 de 28 calibres.	3	1	0.300	6.800	331	875
	3	2	0.350	"	362	1075
	3	3	0.400	"	391	1305
	3	4	0.450	"	428	1555
	3	5	0.500	"	461	1865
	3	6	0.530	"	484	2060
	3	7 ×	0.450	"	434	1585
	3	8 ×	0.450	"	434	1895
	3	9	0.500	"	464	1885
	3	10	0.530	"	486	1870

La poudre des coups 7 et 8 a été immergée dans l'eau à 17° c. pendant une demi-heure, puis séchée à 30° c.

On fait aussi dissoudre 5 parties de camphre dans 100 parties de nitroglycérine; on ajoute 100 parties de benzine, puis 25 parties de coton-poudre. On évapore à basse température la benzine, et la masse obtenue est laminée à 50-60° c. en feuilles que l'on graine.

On peut réduire la proportion de nitroglycérine et dissoudre 100 p. de nitroglycérine, 10 à 25 p. de camphre dans 200 à 400 p. d'acétate d'amyle, puis on y ajoute 300 p. de coton-poudre soluble pulpé.

Essais de tir avec la poudre Nobel (1889).

USINE KRUPP.

Bouches à feu et projectiles.	Vitesses initiales.	Poids de la charge.	Nature de la poudre.	Pressions.
Canon de 8c7 de campagne, projectile de 6k8.	460 463	4.500 0.500	gros grains Nobel	2400 1475
Canon de 10c5 de siège et de place, 35 cal. de long, projectile de 18kg.	461 473	4.000 1.600	prismatique Nobel	2120 1340
Canon de 21c de 35 calibres. projectile de 140 kg.	577 583	53.00 20.00	prismatique Nobel	2330 1950

La poudre mod. 89 donne un léger nuage brunâtre se dissipant en quelques secondes. Ce brouillard n'empêche pas de pointer sitôt le coup parti. La poudre laisse l'âme du canon presque propre et l'échauffement est moindre qu'avec la poudre noire; à l'ouverture de la culasse, il s'échappe du canon des vapeurs de peroxyde d'azote. Elle dégage des vapeurs à 70° c. et s'enflamme à 200° c.

527. Explosif Abel-Dewar. Type cordite. — Pour fabriquer la poudre Nobel précédente ou la gélatine explosive, on dissout le coton-poudre octonitrique dans la nitroglycérine chauffée à 60° c. Les variétés de coton-poudre plus fortement nitrées ne sont pas solubles dans ce liquide; de plus, la stabilité du coton-poudre est d'autant plus grande qu'il est plus nitré; il y aurait donc avantage à trouver le moyen de dissoudre le coton-poudre le plus fort dans la

nitroglycérine, au double point de vue de la conservation et de la force du mélange. On arrive à ce but en faisant usage d'agents gélatinisateurs, tels que l'éther acétique, l'acétone.

Voici comment on procède :

En emploie des poids égaux de coton-poudre fort et sec et de nitroglycérine. Celle-ci est mélangée de $\frac{1}{6}$ de son poids d'éther acétique, puis on incorpore peu à peu le coton-poudre et on malaxe à froid ou à la température de 25° c., jusqu'à ce que la masse ait pris une consistance gélatineuse épaisse. Le malaxage doit se faire en vase clos pour empêcher la volatilisation du dissolvant.

La matière pâteuse est ensuite transformée par le laminage en feuilles plus ou moins épaisses qu'on peut grener en cubes, cordons, etc.; l'éther acétique, en s'évaporant, abandonne une matière de consistance ferme.

On peut naturellement faire varier les proportions de fulmicoton et de nitroglycérine; on peut ajouter du graphite, des résines, etc.

Cordite Abel. — En usage en Angleterre.

Les grains ont l'aspect de brins de corde de violon. La cordite est à base de nitroglycérine et de coton-poudre, mais elle diffère de la poudre Nobel en ce que, dans sa fabrication, on emploie, au lieu de coton-poudre soluble, du coton-poudre insoluble à son maximum de nitration. C'est l'explosif Abel-Dewar grené d'une façon spéciale.

On dissout du coton-poudre fort dans de l'éther acétique ou dans de l'acétone; on y ajoute certaines matières destinées à modérer l'explosion : graphite, résines, hydrocarbures solides (brai), huile, graisse, tannin, cellulose, dérivés nitrés des hydrocarbures, etc.; puis la nitroglycérine; on obtient alors un explosif d'une consistance gélatineuse que l'on transforme en filaments d'un diamètre donné.

Voici le détail :

On prend des poids égaux de nitroglycérine et de coton-poudre sec; on commence par ajouter à la nitroglycérine $\frac{1}{6}$ de son poids d'éther acétique ou d'acétone, puis on ajoute le coton-poudre et, s'il y a lieu, la substance pulvérulente. Le tout est introduit dans un mélangeur jusqu'à ce que la matière prenne une consistance uniforme ressemblant à une gelée épaisse.

On peut également gélatiniser d'abord le coton-poudre dans le dissolvant et y ajouter ensuite la nitroglycérine.

Lorsque le mélange est bien intime, la masse est chargée dans une machine à comprimer, forcée à travers une matrice et coupée à longueur voulue.

Les bouts ainsi obtenus sont ensuite convertis en fils flexibles au moyen d'une machine analogue à celle qui sert à fabriquer les balles par emboutissage ou le vermicelle. Elle se compose d'un fort cylindre fixé sur un châssis et dans lequel se meut un piston. Le fond du cylindre est percé d'un petit orifice du diamètre voulu.

Quand on donne la pression, la cordite sort de l'appareil sous forme de corde; elle est conduite sur une bobine autour de laquelle elle s'enroule. Dès que l'enroulement est terminé, on porte la bobine dans un séchoir constitué par un cylindre entouré d'une circulation d'eau chaude ou de vapeur et traversé par un courant d'air continu.

Après séchage, la cordite est prête pour le chargement des cartouches. Cette poudre a la consistance et l'aspect de la corne; elle s'enflamme vers 180°, sa densité est 1,60; elle s'écrase sous le choc du marteau; après plusieurs coups, elle éclate au point touché. Elle se conserve dans l'air humide, même dans l'eau, pendant un temps assez long; elle résiste aux températures comprises entre 0° et 93° c. Elle donne une flamme brillante et visible. Sa détonation surpasse celle de la poudre noire.

D'après la Chemiker-Zeitung, la cordite serait composée de :

Nitroglycérine. .	38
Coton-poudre fort.	37
Vaseline. . . .	5 (cette vaseline peut être supprimée).

On malaxe à la main, puis on ajoute 11,5 parties d'acétone et on malaxe à la machine pendant trois heures et demie, puis on refoule dans une machine pour obtenir des fils ou des tubes creux.

La cordite n'aurait pas donné en Angleterre, pour le fusil de $7^{mm}7$, les résultats qu'on en attendait. Les pressions sont élevées. La température est très forte et l'arme se dégrade.

D'après Nobel, 1 gr. de cordite ou de balistite donne 688 ou 615 cm^3 de gaz et développe 1272 ou 1356 calories (g.-d.).

Elle se conserve très bien en magasin, dans les pays chauds et les pays froids. Cette poudre, comme toutes ses analogues, augmente les vitesses et les pressions avec la température.

La cordite, employée dans l'armée anglaise, a les dimensions suivantes :

Poudre à fusils : filaments courts, 0,95 mm. de diamètre.
" à canons : tir rapide de 120 mm. L = 350 mm., D = 5 mm.
" " " 150 mm. L = 350 mm., D = 7,5.
" gros canons 300 mm. L = 350 mm., D = 12,25.

Balistite italienne. — Parties égales CP + NG + $\frac{1}{2}$ % d'aniline. Elle est en baguettes pour l'artillerie et en grains cubiques pour l'infanterie. On ajoute de l'aniline ou de la diphénylamine.

La balistite est aussi obtenue d'après la méthode Lundholm et Sayers en émulsionnant le coton-poudre et la nitroglycérine avec de l'eau chaude à 60° par remuage avec ou sans injection d'air. On lamine dans des laminoirs chauffés par la vapeur d'eau et on grène comme à l'ordinaire.

Lorsque la balistite est fabriquée sous forme de cordes, on l'appelle en Italie *la filite*.

La balistite a une couleur qui varie du brun clair au brun chocolat. D = 1,6. Elle est peu sensible à l'humidité. La balistite, développant beaucoup de chaleur dans le tir, a une action moins favorable sur les rayures que les poudres à base de cellulose pure.

Ambérite (Curtis et André).

Coton-poudre fort	44
Coton-poudre collodion	12
Nitroglycérine	40

On grène le coton-poudre, puis on traite par un dissolvant qui ne dissout que le coton-poudre collodion (alcool et éther), lequel sert de ciment.

Solénite. — Poudre italienne pour fusils.

Nitroglycérine	34
Coton-poudre	63
Hydrocarbure	3

Ambérite. — N° I.

Coton-poudre insoluble	40-47 %
Id. soluble	20-23
Nitroglycérine	40-30

Avec addition de paraffine ou d'huile de lin pour modifier la puissance.

Il existe un grand nombre de brevets n'apportant aux deux classes de poudres que nous venons d'étudier que des modifications de détails, portant surtout sur l'emploi de dissolvants gélatinisateurs et l'addition de matières pour abaisser les pressions.

Poudres sans fumée diverses.

528. — De nombreux brevets ont été pris. Beaucoup de ces poudres sont destinées aux armes de chasse.

Indurite (Munrœ à Newport, Amérique). — On fait usage de nitrocoton fort soigneusement débarrassé du coton-poudre collodion par des lavages à l'alcool méthylique. On mélange avec la nitrobenzine, on lamine et on grène. Les proportions sont 0,9 à 1,8 parties nitrobenzine et 1 partie de coton-poudre.

On traite ensuite au moyen de vapeur d'eau qui enlève la nitrobenzine et la poudre durcit beaucoup.

Plastoménite. — M. H. Güttler de Reichenstein mélange du coton-poudre avec des carbures aromatiques nitrés à chaud. On fond, par exemple, le dinitrotoluène au bain-marie et on ajoute peu à peu $\frac{1}{5}$ de nitrocellulose. On grène.

Cette poudre résiste parfaitement à l'épreuve de chaleur. Les résultats des tirs faits à Bucharest en 1893 ont été très favorables.

Poudre sans fumée Maxim-Schupphaus.

Coton-poudre fort	90
Nitroglycérine	9
Urée.	1

Teneur peu élevée en nitroglycérine, ce qui, d'après les inventeurs est un grand progrès. La quantité employée dans les poudres

de guerre va jusqu'à 70 %; cela produit l'érosion de l'arme et des effets balistiques inégaux. Ces effets sont dus à l'exsudation, l'évaporation.

Des expériences de tir exécutées en 1895 par le gouvernement des États-Unis ont donné de bons résultats.

Poudre pour le tir en blanc en Belgique. — Cette poudre est plus brisante que celle à base de nitrocellulose, et cela dans le but de briser la balle creuse qui ferme la douille de la cartouche en blanc. Les grains sont ronds et blancs. Pression : 650 atmosphères. Composition :

Coton-poudre	75
Nitrates alcalins.	25

Poudres sans fumée de l'Actien Gesellschaft Dynamit Nobel. — Mélange de CP pulvérisé avec un dérivé nitré du benzène, toluène, naphtaline, xylène. On comprime à la presse de 1000 à 2000 atmosphères. La galette est grenée comme la poudre noire.

Coton-poudre	70-99 %
Hydrocarbure nitré.	30-1

Ambérite n° 2. Sporting Powder (Société Curtis et Harvey).

Coton-poudre insoluble . .	13,0	53,2
" soluble . . .	57,5	24,1
Nitrates Ba et K	19,5	10,8
Paraffine	6,1	9,6
Matières volatiles (eau) . .	1,9	2,3

Poudres Curtis et André (petits calibres).

Picrate d'ammonium	55,6
Nitrate Ba.	33,32
" K	2,78
Coton-poudre (13 % N)	8,30

Poudres de chasse pyroxylées.

529. — Il existe un grand nombre de ces poudres exclusivement destinées à la chasse. Elles sont plus vives que les poudres de

guerre. Cette vivacité est obtenue soit au moyen d'un laminage plus fin et d'un grenage accentué, soit au moyen d'une compression moins forte ou d'une moindre gélatinisation.

Ces poudres sont souvent additionnées de nitrates, de dichromates.

La poudre Schültze est la première en date.

Poudre S pyroxylée française.

Coton-poudre soluble	28
" insoluble	37
Nitrate Ba.	29
" K	6

En deux numéros : 1° 1000 grains au gramme;
2° 3500 " "

Le mélange fait à la main est porté sous des meules légères avec 4 °/₀ d'eau. On tamise à la perce de $2^{mm}5$. Puis on sèche à 1 °/₀ d'eau.

On incorpore 65 °/₀ de mélange alcool-éther. La pâte est grenée à la perce de $1^{mm}8$. On lisse dans une tonne de cuivre avec 15 °/₀ d'éther.

C'est une poudre incomplètement gélatinisée. Elle a une tendance à donner des longs feux et abandonne des résidus.

Poudre J (M. Bruneau).

Coton-poudre	83
Dichromate Am	14
" K	3

En quatre numéros J_0, J_1, J_2, J_3.

J_0 = nombre de grains au gramme.	250-350
J_1 " "	400-600
J_2 " "	1000-1500
J_3 " "	20 000

Grains anguleux, dimensions de 1^{mm} — $1^{mm}6$; grain brun-rougeâtre. La combustion donne peu de fumée. Le résidu est vert (oxyde de chrome).

ɔudre M.

Coton-poudre . .	71	3500 grains au gramme.
Nitrate Ba. . .	20	
„ K . . .	5	
Camphre . . .	3	
Gélose	1	

ɔudres T.

' pur au maximum de nitration plombaginé.

udres Coppal. — Deux types : *poudre Coppal n° 1*, grains s, couleur variable, formée de pyroxyle et de nitrates; *poudre ɔal n° 2 :* lamelles carrées de $1^{mm},3$ environ de côté, $0^{mm},1$ ıisseur, couleur gris ardoise. Avec une charge de $2^{gr},2$, elle e V_{45} = 300 mètres et P = 400 kg.

Pressions et vitesses de quelques poudres de chasse.

iques.	Genre de poudres.	Charges.	V_{15}.	p
ɛeren. . .	Poudre Coppal	$3^{gr},0$	270 m.	350 kg.
. . . .	Poudre L. S.	2,4	270	350
. . . .	„	2,5	„	500
nont . . .	Clermonite	2,7	260	450
. . . .	Mullérite n° 1	2,25	270	350
l' s C° . .	Ballistite	1,90	270	450
ltz C° . .	Rifléite	2,80	270	300
ırde . . .	Ichnusa	2,60	265	450
ındskrona .	Normale	2,20	265	550

Propriétés des poudres sans fumée.

). — Les poudres sans fumée se présentent ordinairement sous ɔme de carrelets plats de 1 à 2 mm. de côté et de $0^{mm},1$ à $0^{mm},3$ isseur pour les poudres à fusil.

ɔ formes sont extrêmement variables pour les poudres destinées ɔouches à feu; ce sont des cubes, des bâtons cylindriques ayant ɔgueur de la chambre à poudre et réunis en faisceaux. Ces

bâtons peuvent être percés d'un ou de plusieurs canaux longitudinaux (macaroni), mis parfois en relation entre eux par des entailles transversales. Cette disposition favorise une inflammation plus rapide. De plus, les entailles radiales facilitent le passage des gaz et empêchent la pulvérisation des bâtonnets et une augmentation subite de pression.

Les grains ont encore la forme de languettes plus ou moins longues et larges, de disques creusés d'une ouverture circulaire au centre; ces disques ont le diamètre de la chambre à poudre et sont superposés en une charge plus ou moins compacte.

Bref, par moulage on peut donner aux grains des formes spéciales permettant de rendre la poudre plus ou moins vive et progressive.

La couleur des grains est très variable, depuis le blond jusqu'au brun foncé. Les poudres genre Vieille sont généralement blondes ou jaune brunâtre; les poudres Nobel sont plutôt brunes.

Souvent les grains sont passés à la tonne de lissage avec un peu de graphite, afin d'empêcher les grains de coller les uns aux autres; on sait que le CP s'électrise très facilement par le frottement, et il est prudent, pour le lissage, de relier tous les appareils à la terre pour éviter des étincelles qui pourraient mettre le feu à la masse.

531. Densité. — La densité absolue atteint 1,6 et plus. Sous la plus forte compression mécanique, la densité du coton-poudre atteint à peine 1,4.

La densité gravimétrique se tient aux environs de $0^k,750$ pour les poudres à fusil (poudre belge 0,675 à 0,775).

Les poudres sans fumée au CP pur ne sont pas altérées par l'eau : elles ne sont pas hygroscopiques. Les poudres Nobel résistent aussi très bien quoique cependant au bout d'un certain temps la surface des parallélépipèdes montre une légère attaque.

La dureté des poudres Vieille est considérable; les bâtonnets ou languettes sont élastiques et se rompent comme le bois très dur; les poudres Nobel sont plus plastiques et fournissent facilement des copeaux au canif.

Les poudres sont dénuées d'odeur; cependant les poudres fraîches dégagent l'odeur des dissolvants qui ont servi à la gélatinisation. Elles ne devraient pas être mises en service en cet état.

532. Stabilité. — Les poudres au coton-poudre pur sont parfaitement stables dans les conditions normales de conservation. Cependant de récentes catastrophes : Le Magenta, Lagouban, l'Iéna, etc., ont jeté quelques doutes sur ce point. La stabilité chimique du CP est fonction de sa pureté; actuellement, la fabrication de cet explosif est extrêmement soignée et les efforts tendent à éloigner tout corps instable qui pourrait être plus tard un germe de décomposition spontanée. Mais, malgré cela, on a eu des exemples de poudres de guerre s'échauffant spontanément jusqu'à la décomposition fusante.

On ne peut se mettre à l'abri de ces accidents que par une grande attention dans la fabrication, par des conditions de réception très sévères et par une surveillance attentive des magasins et des soutes. Le coton-poudre en voie de décomposition dégage des vapeurs acides très piquantes faciles à reconnaître, soit par l'odeur, soit par des moyens chimiques.

Il est évident que, dans certaines conditions, la température à laquelle l'explosif se trouve soumis (soutes de cuirassés), peut dépasser la température critique où la décomposition s'amorce; la matière peut devenir acide et à la longue causer des accidents.

Il est donc prudent d'appliquer de temps en temps les méthodes de réception aux poudres en magasin et de détruire ou d'employer de suite celles qui paraîtraient suspectes.

Pour les poudres genre Nobel, la stabilité est peut-être moindre à cause de la fragilité plus grande de la molécule de nitroglycérine. Il faut tenir compte aussi de ce que la nitroglycérine est volatile. Des essais prouvent que déjà à 40° c. des grains de balistite perdent une grande quantité de nitroglycérine et pourraient, avec le temps, la perdre tout à fait; d'après Hess, à 70° l'évaporation peut être complète.

Dans les séchoirs à 40° c. qui ne sont pas ventilés convenablement, on trouve de la nitroglycérine condensée sur les vitres et les pièces métalliques. Il paraîtrait que la cordite fabriquée par un temps froid est sujette à exsuder. Mais il est certain que ce sont là des conditions qu'on ne rencontre pas dans la pratique des poudres de guerre.

533. Résistance aux chocs. — La résistance aux chocs est considérable. La chute des emballages même de grandes hauteurs n'offre aucun danger.

Ces poudres résistent même au choc de la balle. Certaines résistent au détonateur au fulminate de mercure.

534. Action de la chaleur. — L'inflammation se produit aux environs de la température de 180°; elle se propage lentement de grain à grain; la combustion devient vive, mais n'est pas accompagnée d'explosion, si les gaz produits peuvent facilement se dégager. La poudre noire sous ce rapport est beaucoup plus dangereuse, elle explose et rase tout aux environs.

Des languettes de poudre sans fumée brûlent avec une flamme jaune qui s'éteint en soufflant dessus.

Dans un incendie dû à la combustion spontanée de cordite (dû à un glissement de matière sur une table par un ouvrier), 590 kg. de cordite prirent feu. La cordite brûla violemment sans faire explosion; des caisses fermées sortait un son semblable au bruit de la vapeur qui s'échappe d'une chaudière. Le feu dura 35' et fut finalement éteint avec des seaux. Pas d'accident d'ouvrier.

La cordite est insensible à la friction; on peut frotter des brins l'un sur l'autre, sur du bois rugueux à sec, sur une meule tournant rapidement, etc.

En vase clos, l'inflammation est accompagnée de l'explosion dès qu'une pression suffisante a pu s'établir :

La vitesse de combustion dans un vase clos est une fonction de la pression, analogue à celle qui existe pour la poudre noire :

$$V = Vo \left(\frac{P}{Po}\right)^{\alpha}.$$

Dans les armes, il faut que l'inflammation se fasse d'une façon régulière; il faut empêcher que les pressions ne se localisent en certains endroits de la charge, en permettant à la flamme de circuler facilement d'un grain à l'autre; on risque sinon de donner naissance à des pressions ondulatoires qui pourraient fatiguer le métal. C'est pourquoi on a choisi la forme en bottes de filament =

longs et plats, ou de tubes creux permettant une facile circulation des gaz.

D'après les expériences de M. Vieille *(Mode de combustion des matières explosives. Mémorial des poudres et salpêtres*, t. VI) toutes les matières colloïdales, sous les formes actuellement en usage, brûlent par surfaces parallèles. Les vitesses moyennes de combustion de ces matières, sous des pressions maxima de 2500 kg. environ, varient dans de larges limites, suivant la composition de la substance.

Cette vitesse de 5^{cm} à 6^{cm} par seconde pour les poudres au coton-poudre pur, s'élève à 20^{cm} et 40^{cm} pour les poudres à base de nitroglycérine de compacité défectueuse.

Si l'on rapproche ces vitesses de combustion des durées pour la combustion des poudres noires ou brunes destinées aux pièces de gros calibre, soit $\frac{20}{1000}$ à $\frac{25}{1000}$ de seconde, on reconnaît que la production, à l'aide des matières colloïdales, de poudres présentant cet ordre de lenteur, exige que l'une au moins des dimensions de ces poudres ne dépasse pas l'épaisseur de 2^{mm} à 3^{mm} pour les poudres à base de coton-poudre, ou une épaisseur quadruple pour les poudres à base de nitroglycérine. L'emploi de poudres cubiques de dimensions aussi faibles eût présenté, en effet, de graves inconvénients dans le tir de grandes charges, en raison des difficultés d'inflammation que ces grandes charges comportent.

M. Vieille a également recherché une loi élémentaire de combustion des matières compactes. Les exposants de la pression qui permettent de passer d'une pression à l'autre sont :

Poudre	brune	$\alpha = 1/4$
„	noire	$\alpha = 1/3$
„	CP.	$\alpha = 2/3$
„	CP + NG . .	$\alpha = 5/9$

Donc dans les rapports 5, 12, 24, 20.

Les mesures faites par M. Vieille prouvent que les vitesses de combustion de la poudre sans fumée, inférieures à celles des poudres noires sous les pressions les plus faibles, arrivent à être doubles de ces dernières sous les pressions de l'ordre de 3000 kg.

Les poudres sans fumée au coton-poudre pur colloïdal s'enflamment

plus difficilement que les poudres à la nitroglycérine; ce qui amène des ratés ou des longs feux : la décomposition explosive ne s'établit que sous une certaine pression, ce qui fait que pour le tir à blanc ces poudres ne conviennent guère. Elles exigent des amorces plus énergiques que la poudre noire.

Pour les tirs à blanc on a été obligé de faire usage d'autres compositions afin d'éviter les longs feux. Ceux-ci ont aussi l'inconvénient de produire des vapeurs acides nuisibles aux armes. Il convient encore de donner à la bourre le plus de résistance possible.

535. Chaleurs dégagées par les poudres colloïdales. — Les poudres genre Nobel dégagent plus de chaleur que les poudres Vieille. On estime que la différence vaut à peu près 400 calories au kilogr. La température de combustion des deux genres d'explosifs diffère d'environ 800°. Cette puissance calorifique de la poudre Nobel est un inconvénient au point de vue de la conservation du métal des armes : il se forme des érosions qui finissent par mettre l'arme hors de service; par contre, ces poudres possèdent un potentiel plus élevé, ce qui est favorable au point de vue balistique.

Les énergies des divers explosifs sont dans le rapport :

Poudre noire . .	10	armes portatives et canon court.
Poudre CP. . .	23	
Poudre CP + NG	31	

D'après Karl Exler, les quantités de calories produites par 1 gramme de poudres diverses sont :

Balistite	1354 c.
Balistite + 6 % nitronaphtaline . . .	1215
Balistite + 7 % " . . .	1179
" + 8 % " . . .	1153
Poudre pour fusil Troisdorff	951
Wetteren poudre à canon	909
" fusil	919
Blättchenpulver	941
Apyrit	887
Poudre Marga (30 % NG)	1026
Poudre noire de Skar pour canons . .	728
Poudre prismatique brune	833

536. — Tableau indiquant les quantités de chaleur et de gaz dégagées par l'explosion d'un gramme de poudre sans fumée.

POUDRES	Calories (k-d).	Gaz permanents c3	Vapeur d'eau.	Vol. total des gaz et vap. à 0° sous 760.	CO^2	CO	CH^4	H	N	Potentiel.
Poudre EC (anglaise) . . .	800	420	154	574	22,9	40,6	0,5	15,5	20,5	340
Poudre SS (id.) . . .	799	584	150	734	18,2	45,4	0,7	20,0	15,7	339
Poudre Troisdorff (allemande)	943	700	195	895	18,7	47,9	0,8	17,4	15,2	400
Rifleite (anglaise).	865	766	159	925	14,2	50,1	0,3	20,5	14,9	367
Poudre BN (française) . . .	833	738	168	906	13,2	53,1	0,7	19,4	13,6	354
Cordite (anglaise).	1253	647	235	882	24,9	40,3	0,7	14,8	19,3	532
Balistite (allemande) . . .	1291	591	231	822	33,1	35,4	0,5	10,1	20,9	548
Balistite (ital. et espagn.) . .	1317	581	245	826	35,1	32,6	0,3	9,0	22,2	592

Poudre EC = nitrocellulose + nitrate Ba + un peu de camphre.
" SS = nitroligniné + nitrate Ba + un peu de nitrobenzine.
" Troisdorff = nitrocellulose gélatinée.
Rifléite = nitrocellulose gélatinée + nitrobenzine.
Poudre BN = nitrocellulose + nitrate Ba, K + tannin.
Cordite = nitrocellulose (37 %) + nitroglycérine (58) + vaseline 5.
Balistite (allem.) = nitrocellulose 50 + nitroglycérine 50 + 1/2 % aniline.
Balistite (ital.) = même composition avec un peu plus de CP.

537. Érosions des armes à feu. — M. Vieille a étudié cette question dans un mémoire inséré dans le *Mémorial des poudres et salpêtres* (T. XI, p. 157).

Certaines poudres colloïdales forment des érosions qui nuisent à la précision du tir et mettent les armes hors de service au bout d'un nombre restreint de coups. Ce défaut appartient spécialement aux poudres à base de nitroglycérine, et c'est l'origine de l'exclusion dont elles ont été l'objet dans les armements européens. Ces poudres présentent toutefois des propriétés balistiques remarquables, de telle sorte qu'il y aurait un grand progrès si l'on pouvait, par une modification de la poudre ou du métal, éviter ces érosions.

Les érosions sont localisées au voisinage de la naissance des rayures et s'étendent aux régions parcourues par le projectile avec une faible vitesse et sous les pressions les plus intenses.

Le point de départ de ces érosions paraît être un réseau de fines craquelures qui tapissent la chambre aux environs du tronc de cône de raccordement avec l'âme.

L'origine du réseau des craquelures primitives paraît être due à une cémentation superficielle et à la trempe intense que prennent les surfaces d'acier doux soumises à l'action des gaz carbonés. Cette action s'observe constamment dans les expériences en vase clos.

Viennent ensuite les fuites gazeuses qui ne font qu'accentuer les craquelures dans le sens de l'axe. Ces fuites paraissent dues au défaut d'obturation de la ceinture qui ne peut se mouler dans les fines craquelures; les gaz s'écoulent par ces interstices. Le phénomène de fuite gazeuse est très court et est d'autant plus énergique que la vitesse du projectile est plus faible et la pression plus considérable; c'est pour cela que les érosions se trouvent localisées sur un à deux calibres de parcours à partir de l'origine des rayures.

Sur ce phénomène viennent souvent se greffer des altérations importantes provenant d'une imperfection locale d'obturation ou d'un défaut du métal et ces érosions peuvent atteindre plusieurs millimètres de profondeur.

Ces derniers accidents peuvent être évités par un tracé convenable des ceintures, tandis que l'érosion normale définie plus haut reste une conséquence forcée du tir prolongé.

C'est en résumé à l'action réitérée d'une veine gazeuse à haute température s'écoulant librement au dehors par un très petit orifice que l'on doit rapporter les phénomènes d'érosions.

Il résulte des expériences :

1° Parmi les métaux et alliages du groupe du fer, le fer pur et les aciers à de très faible taux de C (0,1 à 0,15) donnent les érosions minima.

De petites proportions de Cr, Mn, Ni, Tu, au moins en présence de taux de C de 0,4 à 1,00, n'améliorent pas la résistance à l'érosion.

Les grandes teneurs de Ni, accroissent dans de fortes proportions la facilité d'érosion qui dépasse pour les alliages riches celle que présente le Ni pur.

2° L'influence de la trempe et de toutes les propriétés acquises à la température ordinaire par l'effet de traitements convenables, est sensiblement nulle au point de vue érosif.

3° Le classement des métaux au point de vue de la facilité d'érosion paraît réglé par leur température de fusion.

En ce qui concerne les explosifs :

Les poudres sont d'autant plus érosives que leur température est plus élevée. Les poudres du type balistite sont environ 4 fois plus érosives que les poudres au CP pur. La dynamite-gomme qui est le plus fort explosif et le plus chaud est le plus érosif de la série.

538. — On a cherché à diminuer la température de l'explosion des poudres Nobel en abaissant la teneur en nitroglycérine ou en faisant des additions de dérivés nitrés de la série aromatique ; malheureusement ces systèmes diminuent l'énergie de l'explosif. Ainsi la cordite anglaise qui a été améliorée sous le rapport de la température (dite cordite modifiée M. C) exige une surcharge sur l'ancienne cordite de 25 % pour donner la même vitesse au projectile.

On a eu aussi recours à l'addition de matières qui transforment CO^2 en CO par exemple le graphite, le charbon de bois, etc.

La température s'abaisse de par le fait de cette réaction endothermique, sans avoir une grande influence sur la pression puisque 1 volume de CO^2 donne deux volumes de CO.

Nous avons signalé l'emploi qui a été fait des sels de guanidine.

La température d'explosion de la nitroguanidine est extrêmement basse (907°) et ses propriétés explosives sont très suffisantes. L'usine de Dynamite Nobel à Avigliana est entrée dans cette voie qui est bonne; le prix de la nitroguanidine est actuellement raisonnable, et la matière s'incorpore bien aux poudres gélatines qui conservent leur plasticité et leur élasticité.

On s'est aussi adressé à la dinitroacétine et à la dinitroformine.

Poudres sans fumée (Modeste Abelli à Turin).

Nitroglycérine	40 à 30
Nitrocellulose.	40 à 45
Nitroguanidine	20 à 25

539. Recherches sur les résidus de la poudre sans fumée et leur influence sur la formation de la rouille dans les fusils. — M. Gey von Pittius Hembrug a tiré dans un fusil de $6^{mm}5$ hollandais avec :

a) de la poudre Nobel en feuillets plombaginés (40 % NG + 60 % CP);

b) de la poudre à base de CP en feuillets plombaginés.

On tire 5 coups, on bouche le canon et on remplit d'eau tiède distillée; on analyse.

a) Résidu de la poudre Nobel. L'eau est faiblement alcaline renfermant CO^2, HCl combinés aux métaux K, Sb (provenant de l'amorce) et fer.

Pas de nitrates, nitrites, chlorates, cyanures, ferrocyanures, sulfures.

b) Résidu de la poudre à la nitrocellulose :

Le liquide est faiblement alcalin. L'analyse donne du ferrocyanure K, CO^3Am^2, $FeCl^2$, CO^3K^2, $CaCl^2$, SO^4Cu.

Pas de nitrates, nitrites, chlorates, cyanures, sulfures.

Les sels qui provoquent le plus rapidement la rouille sont d'abord $CaCl^2$, puis KCl et SO^4K^2; les autres sels sont peu actifs. Ces matières sont hygroscopiques.

Pour la conservation des armes, il faut, immédiatement après le tir passer la baguette de graissage.

Il est d'autre part certain que la combustion incomplète des explosifs nitrés dégage des vapeurs acides très corrosives. Si l'on

néglige même une nuit de nettoyer l'arme, on sera obligé d'employer des moyens de polissage énergiques qui augmentent le calibre, ce qui diminue bien vite la précision de tir des projectiles blindés. Le mieux est de passer dans le canon une huile à réaction alcaline, et l'eau savonnée convient bien pour cela.

Essais analytiques concernant les poudres sans fumée.

540. Acétone. — $C^3H^6O = \left\{ \begin{array}{l} CH^3 \\ CO \\ CH^3 \end{array} \right.$

appartient au groupe des cétones $C^nH^{2n}O \left\{ \begin{array}{l} C^{n-1}H^{2n-1} \\ CO \\ C^{n-1}H^{2n-1} \end{array} \right.$

Pour obtenir l'acétone ordinaire (diméthylcétone) on distille l'acétate de calcium vers 400° et on condense les vapeurs.

$$(C^2H^3O.O)^2Ca = CO^3Ca + C^3H^6O.$$

Liquide limpide, mobile D = 0,7921 à 18°; 0,814 à 0°; odeur éthérée, soluble dans l'eau et l'alcool. Dissout facilement les résines, les matières grasses, les camphres, le coton-poudre. Sa recherche qualitative se fait : 1° en ajoutant au liquide à examiner quelques gouttes d'ammoniaque (0,890) et 2 gouttes d'iode décinormal. Il se forme un précipité brun (iodure d'azote) qui disparaît, on agite et on chauffe. Il se forme de l'iodoforme facile à reconnaître à son odeur.

2° On verse dans un tube à essais 2-3 cm³ du liquide à examiner, puis 5-6 gouttes d'une solution à 10 % de nitroprussiate de soude fraîche et 3-4 gouttes de lessive de soude; on mélange bien. On verse rapidement 10-12 gouttes d'acide acétique = belle coloration rouge carmin (Légal). Cette réaction convient pour rechercher l'acétone dans l'urine en agissant sur 10 cm³ de liquide.

3° Denigès fait bouillir pendant une minute l'acétone avec un excès de sulfate acide de mercure (bioxyde Hg 5 gr. dissous dans 100 gr. SO^4H^2 pur et ajouter 100 cm³ d'eau distillée). Il se forme un précipité blanc combinaison de mercure et d'acétone.

Conditions de réception de l'acétone. — Poids spécifique : 0,800 maximum à 15°.

L'acétone ne doit pas se troubler avec l'eau — pas de résidus à l'évaporation à 100° — être neutre — renfermer au moins 98 °/₀ d'acétone pur. — En distillant à une température moindre que 59°, il faut qu'il passe au moins 95 °/₀; le résidu ne doit contenir aucune substance étrangère à la fabrication.

Pour reconnaître l'addition d'eau, on agite ensemble à volumes égaux le liquide avec du naphte. L'eau se dépose lors de la séparation des liquides par ordre de densité.

Acidité plus faible que 0,005 °/₀. — A 50 c^c d'acétone on ajoute 50 cc. d'eau et 2 cc. phénolphtaléine (à 1 gr. par litre d'eau); on dose au moyen de la solution N/100 NaHO (1 cc = 0^gr0006 d'acide acétique); on vérifiera d'abord la neutralité de l'eau et on ne soufflera pas dans les pipettes, car on peut neutraliser ainsi jusque 2 cc. de la solution alcaline.

Les impuretés oxydables (aldéhyde) se décèlent par le permanganate K qu'on ajoute à raison de 1 °/₀ en solution au $\frac{1}{100}$. La décoloration ne doit pas se produire avant une demi-heure.

L'acétone du commerce jaunit à la lumière et supporte alors moins facilement l'épreuve du permanganate et de l'acidité. Il convient de la conserver dans l'obscurité avant de la soumettre à ces deux essais.

541. Ether. — Conditions de livraison en Allemagne.

1. Aspect extérieur = limpide et clair.
2. Poids spécifique à 15° = au maximum 0,722.
3. Point d'ébullition = 34-36° c.
4. Réaction complètement neutre.

Lorsque 10 cc. d'éther sont agités avec environ 3 cc. d'eau, celle-ci ne peut avoir aucune réaction acide.

5. 10 cc. d'éther fréquemment agités avec 1 cc. d'une solution d'iodure de potassium dans une bouteille pleine fermée par un bouchon de verre, ne peuvent donner aucune coloration après un séjour d'une heure dans la lumière du jour diffuse.

6. 30 cc. d'éther agités par intermittence avec environ 5 gr. de potassium solide et placés dans un endroit obscur ne peuvent montrer aucun dépôt après une demi-heure.

cidité de l'éther. — L'éther fraîchement fabriqué doit être
plètement exempt d'acide. Lorsqu'il est conservé en bouteilles
nes et dans l'obscurité, l'éther ne subit pas de modification.
s dans un flacon non complètement rempli et exposé à la lumière,
forme rapidement du superoxyde d'éther qui rougit le tourne-
Il y a aussi de l'acide acétique (provenant de traces d'alcool).
'éther après évaporation ne doit laisser aucun résidu à réaction
le.
e l'éther peu soigneusement fabriqué peut donner une réaction
e en y plongeant directement un papier de tournesol ou mieux
ecouant l'éther avec de l'eau, et on essaie celle-ci au tournesol.
arrive cependant qu'un éther déclaré acide donne à l'évaporation
résidu à peine sensible au tournesol. Le meilleur éther peut
ser un résidu très peu acide, ce qui provient de ce que, dans
her même à 0,720, il y a encore de l'alcool qui, lors de l'évapo-
on rapide, se transforme en acide acétique. Lorsque la teneur en
ol augmente, la production acide croît à son tour.
'essai à l'iodure K ne doit pas donner de jaunissement.
n mélangeant de l'éther avec un peu d'acide acétique, on obtient
éther à réaction très acide. En ajoutant alors une trace d'ammo-
que et, en agitant, les parois du vase se recouvrent après repos
ristaux d'acétate d'ammoniaque, et on peut décanter un éther
action alcaline excessivement faible.
ssais d'éther. — *a)* Évaporer quelques gouttes sur papier à
er et rechercher l'odeur d'alcool amylique.
) Évaporer éther sur verre de montre et examiner le résidu avec
ier réactif pour acidité.
) Rechercher la présence de l'eau oxygénée :
Bichromate K + SO^4H^2 ou acide chromique au 1/100 = colora-
bleue ;
Solution KI à 10 % = employer un petit flacon, bouché à
eri, lequel doit être rempli entièrement (à 1 c^3 près) d'éther,
er 1 cc. KI pour 10 $c.^3$ d'éther, boucher, mettre à l'abri de la
ère, agiter fréquemment, pas de couleur jaune même au bout
heure ;

3° Réactif de Trommsdorf + 1 goutte sulfate ferreux ;

4° 10 centigrammes acide vanadique pulvérisé + 2 cc. SO^4H^2 concentré, chauffer au bain-marie 12-15', laisser refroidir, ajouter de l'eau pour faire 50 c.³, agiter pour bien dissoudre = liquide bleu verdâtre. — Dans un tube à essais 1-2 cc. du réactif + 5 à 10 cc. éther, agiter, repos. — Le réactif gagne le fond avec couleur rose à rouge sang ;

5° Permanganate K décoloré par $H\,O^2$;

6° Molybdate Am à 10 °/₀ + volume égal SO^2H^2 = couleur jaune.

d) Réaction avec KHO (brunit) si alcool, aldéhydes.

Essais d'éther anesthésique.

A 15°, D = 0,718 — 0,720.

Point d'ébullition 34-35° c.

Évaporé sur capsule, il ne doit laisser aucun résidu ni odeur.

Recherche de l'eau. — Du tannin desséché à 100° mêlé à l'éther se colle aux parois du verre s'il y a de l'eau.

Le sulfate de cuivre desséché devient bleu.

De la benzine ou du sulfure de carbone mêlé à l'éther donnent un trouble.

Un papier imprégné d'une solution de chlorure de cobalt et desséché passe du bleu au rose avec un éther contenant seulement 0,5 °/₀ d'eau.

Recherche de l'alcool. — On agite l'éther avec de l'eau, on ajoute quelques gouttes d'une solution d'iode dans l'iodure de potassium et un peu de lessive des savonniers ; il se produit de l'iodoforme.

Aldéhyde. — On fait usage du réactif de Nessler ; ou bien on agite l'éther avec une solution ammoniacale de nitrate d'argent, on ajoute ensuite un peu de solution aqueuse de potasse caustique ce qui donne un dépôt d'argent miroir.

Eau oxygénée ou peroxyde d'éthyle. — On agite 20 cc. d'éther avec 5 cc. d'un réactif composé de volumes égaux d'une solution d'iodure de potassium à 50 °/₀ et d'une solution de phénolphtaléine à 1 °/₀ ; le mélange rougit.

Réaction qui se fait avec l'eau oxygénée et non avec peroxyde d'éthyle. — On prend une solution étendue et réc

ıent préparée de ferricyanure K et de perchlorure de fer; l'eau xygénée donne du bleu de Prusse. Cette réaction est sensible ıême si l'éther renferme un millionième de H^2O^2.

Analyses des poudres sans fumée.

542. — Les analyses suivantes ont des parties communes avec s analyses du coton-poudre et de la nitroglycérine. Les méthodes verses que nous donnons sont surtout applicables aux poudres ıs fumée.

Analyse des explosifs. — Exemple fulmicoton. On y détermine : Humidité, coton soluble (pyroxyline ou collodion), le fulmicoton 'oprement dit, le coton non transformé, les cendres et l'azote total.

Une méthode un peu longue, mais excellente, de doser la pyro-'line, consiste à épuiser un poids connu de poudre par l'alcool éthylique dans un extracteur de Soxhlet. La lenteur de l'opé-ıtion provient de ce que le coton se gélatinise et obstrue les ›res du filtre en toile. L'extraction exige 5 à 6 heures, mais elle ɔ demande aucune attention et se fait toute seule. Lorsque épuisement est terminé, on sèche le tube filtre et son contenu 50° et l'on pèse le tout.

Dans le résidu, on peut doser le fulmicoton par épuisement l'acétone ou à l'éther acétique et pesée du nouveau résidu. Ce 'cond résidu représente le coton non nitré ou la cellulose.

Une méthode aussi exacte et beaucoup plus rapide de dosage ɔ la pyroxyline consiste à peser 3 gr. de l'échantillon et à les lacer dans une éprouvette graduée de 160 cc. On ajoute 50 cc. 'alcool absolu et on malaxe pendant $\frac{1}{2}$ heure. On ajoute alors 00 cc. d'éther pur et l'on agite à intervalles de 12 heures environ. ı laisse reposer, on prélève au moyen d'une pipette 50 cc. de la ›lution, on évapore à sec (50°) dans une capsule de platine et on pèse la pyroxyline. On peut contrôler ce résultat en prélevant ıcore 50 cc. de la solution claire, précipitant la pyroxyline par chloroforme et la séparant sur un filtre en toile. Il est bon de édissoudre ce précipité dans un mélange de 1 p. d'alcool et 2 p. 'éther, de reprécipiter par le chloroforme, sécher à 50° c. et

peser. Cette deuxième précipitation est obligatoire pour les poudres qui renferment NG, sinon celle-ci est retenue dans le pyroxyle gélatineux. Le coton non nitré ou cellulose est dosé comme suit : un poids connu de poudre (environ 5 gr.) est traité par 30 cc. d'une solution saturée de sulfure de sodium ou de stannite de soude. On fait bouillir pendant ½ heure, on abandonne au repos pendant un jour et l'on décante la solution. On fait bouillir le résidu avec une seconde portion de 30 cc. de sulfure de sodium, on passe sur filtre taré et on lave à l'eau distillée. On lave ensuite à 3 ou 4 reprises avec une solution de HCl à 5 °/₀ pour éliminer toute trace de sel métallique, on lave à l'eau pure, on sèche et pèse. Le filtre est brûlé, les cendres sont pesées et déduites du premier poids. La différence représente la cellulose; on dose la cendre du fulmicoton en mélangeant un poids connu de l'échantillon avec de la paraffine fondue dans une capsule de platine. On chauffe doucement jusqu'à ce que la paraffine s'enflamme, on laisse brûler lentement et l'on élève la température à la fin.

543. Analyse d'une poudre complexe. — Poudre sans fumée = nitroglycérine + picrate + fulmicoton + paraffine ou huile + résine + camphre + soufre + urée + sels métalliques, etc.

L'échantillon finement divisé est d'abord traité par l'éther dans un Soxhlet. L'éther dissout NG, la paraffine ou l'huile, le camphre, la résine, une partie du soufre et une partie (sinon la totalité) du picrate. La perte de poids constitue l'*extrait éthéré*.

Si l'échantillon renferme des picrates, l'extrait éthéré est mélangé avec de l'eau dans un séparateur. Les picrates se dissolvent et la solution aqueuse est séparée de la solution éthérée.

L'extrait éthéré est évaporé avec soin, le mieux, spontanément sinon pertes de NG.

L'extrait sec est traité par CS^2. Celui-ci est décanté dans un verre de Bohême; on répète l'épuisement 3 ou 4 fois puis le CS^2 est évaporé. Le camphre se volatilise en même temps que le solvant.

Soit A le poids de l'extrait éthéré,

B le résidu de A après extraction par CS^2,

C » laissé par CS^2 après évaporation de celui-ci et phre.

La différence A — (B — C) représente le camphre extrait par le CS^2 et volatisé ultérieurement.

Ayant ainsi déterminé le camphre, les deux résidus sont mélangés et traités par l'hydrate de soude au bain-marie. On reprend par l'éther et l'on sépare dans un entonnoir à décantation. La solution éthérée contient l'huile et la paraffine. On pèse le mélange des deux substances après avoir évaporé l'éther.

La solution aqueuse est oxydée par le brôme. On ajoute ensuite HCl qui précipite la résine qui est filtrée et pesée sur filtre taré. Le S qui a été oxydé par Br est précipité à l'état de sulfate Ba que l'on pèse.

Après épuisement à l'éther, la poudre est épuisée à l'eau distillée. Ce traitement dissout les picrates, l'urée, les nitrates, les chlorates métalliques et les sels solubles. L'acide picrique est précipité par le sulfate de cinchonine et les sels métalliques sont déterminés par les méthodes usuelles de l'analyse.

Il reste à doser la pyroxyline, le fulmicoton fort, la cellulose et les cendres, ce qui est décrit précédemment.

Au lieu d'extraire par l'éther seul, la première extraction peut être faite avec un mélange de 1 p. d'alcool pour 2 p. d'éther. Ce procédé dissout la pyroxyline en même temps que toutes les substances solubles dans l'éther seul. La pyroxyline est ensuite précipitée par le chloroforme. Le précipité gélatineux est redissous dans l'alcool éthéré et précipité de nouveau par le chloroforme pour éliminer toute trace de NG.

Si la poudre contient d'autres sels métalliques tels que les nitrates, les chlorates et autres sels solubles dans l'eau (p. ex., des carbonates ou bicarbonates alcalino-terreux), on les extrait du résidu laissé après traitement par le sulfure de sodium. Ce résidu ne contient en effet que la cellulose et les sels métalliques insolubles dans l'eau. On le traite par HCl et l'on détermine les bases par les méthodes ordinaires à l'analyse qualitative.

544. Méthodes officielles d'essai des poudres sans fumée aux États-Unis (M. J. Williams), *Monit. scient. Quesneville*, nov. 99.

Stabilité. — C'est l'essai de la chaleur à 65° c. pendant 15′.

Densité. - Usage de l'appareil Mallet Bianchi.

Densité gravimétrique. — Se fait au moyen de la balance gravimétrique de Dupont. C'est une balance genre Westphal. A l'un des fléaux est un petit vase auquel on fait équilibre avec un contrepoids; on remplit le petit seau, on arase et on fait l'équilibre avec des contrepoids. Les graduations sont faites de façon à lire directement la densité gravimétrique.

Perte de poids par la chaleur. — On place un poids connu sur un tamis fin dans un bain d'air chauffé à 130° F (72°) on note la perte de poids.

Absorption d'humidité. — On place un poids connu sur un tamis fin au-dessus d'une caisse à eau, de façon à avoir une atmosphère saturée pendant 24 heures. On note la température et l'augmentation de poids. Une seconde portion exposée comme précédemment à l'action de l'humidité est pesée, placée sur une lame de verre à l'action d'un courant d'air. On note la perte de poids au bout de 24 heures. On répète des essais analogues en exposant la poudre à l'air libre, au froid, etc. On fait l'épreuve balistique (pression et vitesse) avec des cartouches chargées de poudre dans les états précédents.

Tamisage. — La vitesse de combustion est très influencée par la grosseur du grain. La granulation doit être uniforme. On fait usage de tamis de mailles différentes et on pèse ce qui reste sur les tamis.

Cendres. — On fait brûler un poids sur un verre de montre et on pèse le résidu.

Essais chimiques.

Azote. — Le moyen le plus simple de doser l'azote dans un nitrate ou un éther nitrique est la méthode de Crum. On dissout la substance dans SO^4H^2 concentré et l'on agite vivement avec du mercure métallique. L'acide nitrique est décomposé avec formation de NO et sulfate Hg. Le volume de bioxyde d'azote obtenu doit subir les corrections ordinaires de température et de pression d'après la formule :

$$Vt = \frac{Vo \times H}{760\,(1 \times \alpha t)}$$ (voir n° 406)

Comme 1 cc. NO correspond à 0,6272 mmg. d'azote, la teneur en azote est facile à calculer. A cet égard le volumètre de Lunge simplifie beaucoup l'opération en supprimant tout calcul.

Les poudres sans fumée doivent être rapées pour rendre plus facile leur attaque par SO^4H^2. Il faut d'autre part employer le moins possible de SO^4H^2 d'abord parce que NO y est soluble d'une façon appréciable, puis parce qu'un excès de SO^4H^2 donne des résultats trop faibles; le contact de la substance avec le mercure est moins parfait et la décomposition de l'acide nitrique incomplète.

On opère généralement sur 600 mmg. de poudre que l'on place dans la capsule du nitromètre, on ajoute 4 à 5 cc SO^4H^2 concentré. En général, la dissolution demande 4 heures.

La solution est versée dans le nitromètre; la capsule est bien lavée avec SO^4H^2 dilué (1 p. acide + 1 p. eau) en employant la quantité la plus petite possible. On rince 4 à 5 fois avec un 1 cm^3 de liquide. On agite alors le nitromètre jusqu'à réaction complète. On abandonne une demi-heure pour égaliser la température puis le gaz est transféré dans la burette graduée et l'on effectue la correction de P et t, et on calcule Az.

Le mercure de la burette graduée doit être sec.

Le volumètre de Lunge est d'un emploi préférable. La méthode n'est applicable qu'aux nitrates et aux éthers nitriques dégageant du NO sous l'influence du mercure. Elle est inapplicable aux composés de substitution nitrée, tels que les picrates, la nitronaphtaline, etc.

Dans ce dernier cas, le plus simple est d'avoir recours à la méthode de Kjeldahl ou modifiée par Gunning.

On place 0,5 gr. de l'échantillon finement pulvérisé dans une fiole de Kjeldahl à long col; on verse 30 cc. SO^4H^2 concentré, dans lesquels on a dissous 2 gr. d'acide salicylique parfaitement exempt d'azote et l'on abandonne au repos jusqu'à dissolution complète. On ajoute alors, par petites portions, 5 gr. d'hyposulfite Na cristallisé. On chauffe doucement jusqu'à ce que la réaction, d'abord violente, commence à se calmer et que les mousses disparaissent. On ajoute une goutte de mercure et l'on fait bouillir jusqu'à ce que le liquide se décolore ou, du moins, ne soit plus coloré qu'en jaune d'ambre.

Avec les poudres gélatinisées, cette décoloration exige six heures. Finalement, on complète l'oxydation au moyen du permanganate.

L'oxydation peut être accélérée en ajoutant 5 à 10 gr. de bisulfate de potasse environ, un quart d'heure après le commencement de l'ébullition.

On laisse refroidir la fiole et on transvase dans une cornue à distiller, avec 200 cc. d'eau et un fragment de zinc ou de platine pour éviter les soubresauts. On ajoute un peu de sulfure de potassium pour décomposer les sels de mercure, puis une quantité NaHO suffisante pour rendre la solution alcaline. On distille l'ammoniaque dans de l'acide sulfurique demi-normal et l'on titre l'excès d'acide à l'ammoniaque déci-normal. Voici des résultats comparatifs :

	Az. par le nitromètre.	Az. par Kjeldahl.	Difference.
	%		%
Poudre sans fumée.	13,632	13,654	0,020
" "	14,305	14,256	0,059
" "	13,475	13,462	0,013
" "	13,936	13,986	0,050
Poudre sans fumée allemande . .	13,509	13,465	0,034
Balistite allemande, . , ...	12,836	12,823	0,013
Fulmicoton	12,662	12,660	0,002
Fulmicoton	13,152	13,696	0,056

Humidité et matières volatiles. — La plupart des poudres sans fumée, à l'état colloïdal, ont été dissoutes dans l'acétone, l'acétate d'amyle ou un autre solvant. Il en reste encore 1 à 2 % dans la poudre finie.

L'échantillon finement divisé est exposé à une température de 50° c. pendant 24 heures. On laisse refroidir sous un dessiccateur à vide encore 24 heures, puis on pèse.

Pour la commodité du transport, la nitroglycérine est générale-

ment additionnée d'acétone qu'il faut éliminer avant de doser Az. Dans ce but, on ajoute de l'eau qui dissout l'acétone et libère NG. On sépare par décantation, on relave à l'eau et on filtre sur du sel marin fondu. On dose alors Az au nitromètre de Lunge.

545. Nouvel essai pour les poudres à la nitrocellulose, par Sky *(Moniteur Quesneville,* janvier 1904).

Quand on soumet différentes poudres à des températures plus élevées que la moyenne, on remarque que, pour la même température, il y a une variation dans la manière de se conduire des différentes poudres.

Si la décomposition des poudres croît quand la température s'élève, la manière dont se conduisent les poudres à haute température est une indication de leur manière de se comporter à plus basse température.

Quand on soumet une poudre à des températures croissantes de 80, 100, 110, 115, 135° après la perte d'humidité et du dissolvant, la perte de la poudre par volatilisation a lieu relativement lentement, mais avec une allure croissante jusqu'à ce qu'on arrive à un état qui corresponde au point de destruction de la poudre, l'action étant semblable à l'essai d'un échantillon de métal quand on dépasse la limite élastique. Le nouvel essai permet de donner la *limite élastique de résistance de la poudre à la chaleur.*

La décomposition d'une poudre à 80° est excessivement lente, même à 100° elle est encore très lente, mais la différence entre une bonne et une mauvaise poudre devient sensible à 100°. Toutefois, cette différence n'est pas suffisante et le temps à employer est trop long pour que l'essai soit pratique. La décomposition est considérablement augmentée à 110°, et la différence entre une bonne poudre et une mauvaise poudre devient alors plus évidente. Les expériences ont prouvé que c'est la température de 115° qui est la plus favorable à l'essai.

Le mode d'essai est le suivant : on pèse 1 à 4 grains (65 mmg. à 260 mmg.) de la poudre à essayer dans un verre de montre et on les chauffe pendant 8 heures dans l'étuve à 115°.

L'échantillon est laissé à refroidir dans un dessiccateur et pesé, la

perte de poids étant calculée pour 100. Ceci est répété chaque jour (six jours au moins) jusqu'à la fin de l'essai.

De nombreux lots de poudres ont été soumis à cette méthode d'essai. Dans le nouvel essai à 115°, une bonne poudre perd, pendant le 1er jour de chauffe, approximativement son humidité et ses matières volatiles. Après cela, la perte journalière d'une bonne poudre ne doit pas dépasser 1 °/₀ après le 6e jour, souvent même pas avant le 10e. La perte maxima journalière n'est généralement pas atteinte avant le 8e jour. Une mauvaise poudre perd plus que son humidité et ses matières volatiles le 1er jour. La perte journalière est supérieure à 1 °/₀ avant le 6e jour et le maximum de perte journalière arrive avant le 8e jour.

La perte totale d'une bonne poudre pour 6 jours est moindre que 10 °/₀. Les mauvaises poudres perdent beaucoup plus que 10 °/₀ en six jours. Pour cet essai, il est possible d'obtenir des indications sûres quant à la stabilité d'une poudre en six séances journalières de 8 heures chacune. Dans des cas spéciaux, il est nécessaire d'obtenir des résultats plus rapidement, les expériences pourraient être conduites pendant 24 heures ou les pesées faites de 8 heures en 8 heures et les résultats obtenus en un peu plus que 2 jours.

Après une chauffe prolongée, les bonnes et les mauvaises poudres arrivent à perdre à peu près la même quantité totale. Les analyses préliminaires des résidus de ces essais à chaud indiquent que la décomposition des poudres par la chaleur est un procédé ou une réaction complexe. La plupart des poudres deviennent brisantes, cassantes et poreuses, leur décomposition étant une sorte de distillation destructive. Quelques poudres généralement mauvaises perdent leur forme, ayant fusé et étant molles à chaud, elles deviennent poreuses et cassantes à froid.

Le pourcentage d'Az décroît à mesure que la perte augmente, avec une perte totale de 55 à 56 °/₀, l'azote du résidu fut trouvé 4,31-4,91 °/₀ (dans 15 échantillons examinés, l'azote primitif était de 12,37 à 12,60 °/₀).

Les conditions nécessaires pour qu'une poudre soit bonne et stable dans les anciens essais sont :

Essai à l'iodure de potassium		10′
Essai d'explosion		177°
Essai à 135°	Rouge tournesol	1h15
	Fumées NO^2	2h00
	Explosion nulle au bout de 5 heures.	
Essai Vieille	20 heures pour les poudres de 12,5 cent.	
	30 „ „ de > dimensions.	

Le nouvel essai présente les avantages suivants :

1° La poudre est essayée suivant sa condition normale.

2° Il montre tous les produits de décomposition : les anciens montrent seulement les produits acides ou bien l'azote comme dans l'essai de Will.

3° Il montre la décomposition de produits nitrés autres que ceux de NC lesquels produits sont souvent présents, même dans une poudre finie : il fait voir en même temps l'effet de cette décomposition sur la poudre elle-même.

4° Il permet de voir l'effet de petites quantités de substances additives (pour masquer la stabilité ou dans un autre but), il fait voir également la matière volatile, l'influence de la manutention et du travail qui peut occasionner des décompositions locales. On se rend compte aussi des traces d'acides nitrés dues à une purification imparfaite et de la saponification par l'eau, les alcalis, les carbonates, etc.

5° Il donne la latitude de laisser voir les progrès de la décomposition.

6° L'essai est simple ainsi que l'appareil.

546. Analyse de la cordite. — On laisse digérer 5 gr. d'explosif avec l'alcool-éther pendant 24 heures ; on filtre sur toile, on lave le résidu avec de l'éther, on presse, on sèche à 40° et on pèse ; on a le CP insoluble. La solution renferme la nitroglycérine, le coton-poudre soluble, la vaseline. Le coton-poudre est précipité par le chloroforme, il est recueilli sur filtre, séché et pesé.

On reprend les deux solutions qu'on mélange et on évapore ; on pèse ; le résidu est additionné de 80 °/₀ d'éther pour dissoudre la nitroglycérine ; celle-ci est dosée par différence.

SEPTIÈME PARTIE.

Pyrotechnie.

Compositions d'artifices.

547. — La pyrotechnie est l'art de composer les feux d'artifices. Nous nous contenterons de jeter un coup d'œil sur les fusées et les artifices.

Les artificiers font usage de certains mélanges pyrotechniques ou compositions d'artifices. Ce sont des mixtures composées de corps combustibles, tels que le soufre, le charbon de bois, etc., et de corps oxydants, comme les nitrates et les chlorates. Ces mélanges dégagent plus ou moins de gaz, de lumière, de chaleur dans un temps plus ou moins long.

En règle générale, il ne faut employer dans les compositions pyrotechniques ni excès du corps combustible, ni du corps comburant; la réaction entre les matières doit pouvoir se traduire par une équation chimique, sinon il y a diminution dans l'effet total et formation de résidus surabondants, nuisibles à la régularité de la marche de la combustion.

Cependant, dans la pratique, on est plus près de l'empirisme que de la théorie, parce qu'il faut tenir compte de certaines conditions parmi lesquelles nous pouvons citer : 1° le prix de revient doit être bas, ce qui oblige parfois de faire usage de matières qui ne sont pas tout à fait pures; 2° la confection des engins doit être rapide et faite dans des ateliers souvent exigus; 3° il faut tenir compte des manipulateurs, quelquefois peu exercés, des laboratoires d'artillerie; 4° il faut avoir égard aux dangers de la fabrication, du transport et de l'emploi des mélanges.

En résumé, il faut en pyrotechnie préférer, en général, le bon au parfait, qu'on ne peut espérer atteindre, mais surtout le simple au compliqué.

Mixtures fondamentales.

548. — Ces mixtures sont au nombre de trois :

1° Le pulvérin;

2° Le sulfonitre;

3° La composition grise.

Pulvérin.

Le pulvérin est obtenu par la pulvérisation de la poudre noire, au moyen d'un égrugeoir sur la table à égruger. Les artificiers fabriquent parfois, dans leurs ateliers, le pulvérin par le mélange de salpêtre, de soufre et de charbon au moyen de tonnes; c'est du *poussier de tonneau.*

Les proportions du poussier de tonneau sont :

Salpêtre	75,00
Soufre	12,50
Charbon	12,50
	100,00

Le tonneau des artificiers est en bois avec gobilles en plomb antimonieux ou en bronze. Les matières premières ont été préalablement triturées; on passe au tamis le mélange ternaire lorsqu'il est terminé.

Ce pulvérin, quelle que soit sa provenance, brûle avec une grande rapidité; il dégage un maximum de chaleur et de gaz.

On peut ralentir considérablement la vitesse de sa combustion par le battage et la compression. On met à profit cette propriété dans la fabrication des fusées en bois, des fusées métalliques à temps.

Sulfonitre.

C'est un mélange de soufre et de salpêtre dans les proportions suivantes :

Salpêtre	75
Soufre	25

Ce mélange se fait à la tonne.

Cette mixture est d'une inflammation assez difficile; mais une fois en déflagration, elle émet une flamme blanche éblouissante et des torrents d'anhydride sulfureux. Elle n'est guère employée seule; mêlée avec le pulvérin, elle constitue la plupart des compositions pyrotechniques. En effet, la combinaison des deux mixtures permet d'obtenir des effets très variés; est-il nécessaire de diminuer la vivacité du pulvérin, on y ajoute du sulfonitre; veut-on, au contraire, activer la combustion du sulfonitre, on l'additionne de pulvérin.

Le sulfonitre étant d'une inflammation assez difficile, on lui ajoute d'ordinaire 5 à 10 % de pulvérin pour lui donner une inflammabilité suffisante.

En artillerie, on faisait anciennement beaucoup usage de balles à éclairer et de balles à incendier lancées par les mortiers lisses.

Pour la balle à éclairer, la base était le sulfonitre à cause de sa flamme éclatante; pour la balle à incendier, il fallait une mixture donnant un haute température; elle était à base de pulvérin.

	Balle à éclairer.	Balle à incendier.
Pulvérin	4	27
Nitre	20	3
Soufre	8	2
Antimoine	2	»
Cire jaune	4	2
Étoupe	0,25	0,25
Colophane	6	10 (poix)

Composition grise.

C'est du sulfonitre additionné de pulvérin :

Sulfonitre	100	ou	93,46
Pulvérin	8		6,54

Matières combustibles.

549. — Les artificiers mélangent très souvent aux mixtures fondamentales des substances végétales combustibles, telles que les

essences, les huiles, les résines, etc. La composition grise laisse après sa combustion un résidu assez considérable, épais et visqueux, qui nuit beaucoup à la régularité de la déflagration. Il faudrait ajouter du carbone sous forme de charbon de bois; malheureusement, celui-ci ne se bat pas bien et ne permet pas la fabrication facile d'artifices compacts. On ajoute alors des résines, des huiles, qui agissent en outre comme liants et ajoutent leur combustibilité propre : par exemple, dans les artifices incendiaires.

Il faut nécessairement tenir compte de la quantité de carbone que ces matières renferment, afin que l'élément oxydant soit en quantité suffisante; on agit pour cela d'une façon expérimentale en ajoutant de l'élément oxydant jusqu'à ce que le résidu soit blanc, ce qui indique la combustion complète du carbone.

Mixtures chloratées.

550. — Les artificiers remplacent souvent les nitrates par les chlorates. La combustion des mixtures est plus énergique, mais nous rappelons le danger de la confection et de l'emploi de ces mélanges chloratés, très sensibles au choc et à la friction.

Mèches et étoupilles.

551. — Pour mettre le feu aux artifices, on fait usage de mèches et d'étoupilles.

La pâte d'amorce est un mélange de pulvérin, de gomme et d'alcool.

Pulvérin.	1000	
Eau-de-vie	570	
Gomme arabique. . .	18	(dissoute préalablement dans 140 p. d'eau).

On imprègne 3 ou 4 fils de coton au moyen de cette pâte de pulvérin et l'on obtient la mèche à feu.

Mèche azotique.

On soumet des fils de coton à l'action de l'acide sulfonitrique, qui les transforme en pyroxyle. Cette mèche sert à allumer presque

instantanément des cordons de lanternes vénitiennes, des feux de Bengale espacés, des bougies de lustres, etc.

Mèche à canon.

On trempe le coton dans une solution d'acétate de plomb ou de chromate de plomb à 5 %.

Artifices.

552. — Dans la fabrication des artifices, on peut poursuivre trois buts différents :

1° Produire de la lumière;

2° Produire des gaz;

3° Produire une flamme vive et chaude.

Production de lumière.

La base des mixtures à lumière éclatante est le sulfonitre, quelquefois avec addition de chlorate de potassium. La lumière est d'un blanc éclatant; elle est due à l'incandescence du sulfate de potassium entraîné par les gaz chauds de la réaction.

Balles à éclairer. — Nous en avons donné la composition précédemment. Ces balles étaient enveloppées d'une carcasse en fer et elles étaient tirées au moyen de mortiers. Dans l'artillerie moderne, elles sont remplacées par la lumière électrique.

Feux colorés. — Ils sont basés sur l'emploi de sels qui, sous l'influence de la chaleur développée, se volatilisent et colorent la flamme en diverses nuances. Ils constituent principalement les *flammes de Bengale*, les lances, les étoiles, etc.

Les sels les plus souvent employés sont :

Pour la couleur rouge : les sels de strontium, de chaux (rouge clair), de lithine.

" jaune : les sels de sodium.

" bleue : les sels de cuivre.

" verte : les sels de baryum.

Nous donnons ci-après quelques compositions de flammes de Bengale. Les mixtures pulvérulentes sont comprimées dans des

enveloppes cylindriques de carton. Elles peuvent, en temps de guerre, servir comme feux de signaux. Nous les extrayons de l'ouvrage de M. Paul Tessier *(Chimie pyrotechnique* ou *Traité pratique des feux colorés)*.

Rouge.

Azotate de strontium desséché	15
Soufre	5
Noir de fumée léger	1

Bleu.

Azotate de baryum.	20
Soufre	23
Oxychlorure de cuivre	18
Sulfate de potasse	17
Chlorure de plomb.	2
Chlorate de potassium.	64

Vert.

Azotate de baryte	27
Soufre	8
Résine laque.	2
Chlorure de plomb.	2
Chlorate de potasse	9

Jaune.

Nitrate de soude	48
Soufre.	16
Sulfure d'antimoine	4
Charbon pulvérisé	1

Blanc.

Azotate de potasse	5	24
Soufre.	2	7
Sulfure d'antimoine	1	—
Réalgar	—	2

Violet.

Alun	12
Carbonate de potasse	12
Chlorate de potasse	60
Soufre	16

Feux de Bengale picratés.

Rouge.

Azotate de strontiane	25
Picrate d'ammonium	5
Noir de fumée léger	1
Paraffine	5

Vert.

Azotate de baryte	64
Picrate d'ammonium	16
Noir de fumée léger	1
Paraffine	2

Jaune.

Azotate de baryte	58
„ de strontiane	12
Cryolithe	7
Noir de fumée léger	4
Paraffine	2
Picrate d'ammonium	20

Pétards de chemins de fer.

Chlorate K	50
Sulfocyanure Pb très bruyant	50

Production de gaz.

553. — Nous citerons, parmi les artifices destinés à produire du gaz, les balles à éclairer dont nous avons donné la composition. Elles dégagent énormément d'anhydride sulfureux dont la puissance asphyxiante est très grande.

Production de flamme

554. — Ce sont des compositions incendiaires. Elles doivent brûler avec une flamme longue et très chaude, avoir de la durée.

La balle à incendier dont nous avons donné la composition peut servir de type.

On charge les obus à incendier de roche-à-feu.

Roche-à-feu. — On fond 1 partie de suif de mouton avec 1 partie de térébenthine et on ajoute au mélange fondu 3 parties de colophane, 4 de soufre, 10 de salpêtre et 1 de sulfure d'antimoine. La masse fondue est moulée en cylindres et amorcée par une mèche d'amorce.

Compositions diverses.

555. Feu Lorrain (Niklès). — On mêle du chlorure de soufre du commerce avec du sulfure de carbone tenant du phosphore en dissolution. Il en résulte un liquide jaune, fumant à l'air et qui se conserve bien en vase clos. Si on y laisse tomber quelques gouttes d'ammoniaque, il se produit une déflagration, une flamme intense et volumineuse, des vapeurs au nombre desquelles figurent de l'anhydride sulfureux, du chlorure d'ammonium, du chlorure de soufre, de l'acide phosphorique, etc.

La réaction est due à la combinaison directe du chlorure de soufre et de l'ammoniaque :

$$S^2Cl^2,AzH^3.$$

Nouveau feu liquide (Guyot). — Lorsqu'on ajoute du brome à un excès de fleur de soufre et qu'on filtre sur l'amiante, on obtient un liquide rougeâtre : c'est du bromure de soufre. Traité par l'ammoniaque, il ne tarde pas à bouillir et à dégager des vapeurs blanches très épaisses. La solution du bromure de soufre dans le sulfure de carbone se comporte d'une façon analogue, sans s'enflammer; mais si le sulfure de carbone contient du phosphore, l'inflammation a lieu.

Ce mélange possède sur le feu Lorrain l'avantage de ne s'enflammer qu'après une ou deux minutes.

Composition à combustion spontanée. — On fait dissoudre du phosphore dans du sulfure de carbone. Lorsque ce liquide est versé sur un corps quelconque, il provoque une inflammation spontanée. Le sulfure de carbone s'évapore et abandonne le phosphore à un état très divisé; il s'oxyde avec rapidité, s'échauffe et s'enflamme. Si, en même temps que le phosphore, on fait dissoudre d'autres matières combustibles telles que la poix, le soufre, la combustion spontanée peut provoquer la mise à feu du bois, de la paille, etc.

556. Pâtes d'allumettes. — M. Schloesing a composé des mélanges binaires de chacun des comburants employés avec chacun des corps combustibles en usage et il a fabriqué des allumettes avec ces mélanges après y avoir ajouté la colle nécessaire et le verre pilé ou la silice servant d'après les praticiens à favoriser la production de chaleur par le frottement. Les résultats de ces premiers essais peuvent être énoncés très simplement; le $KClO^3$ parmi les comburants, et le phosphore rouge parmi les combustibles tiennent le premier rang. Leur mélange est un explosif dangereux quand il est sec, alors même qu'il est tempéré par un colloïde et une forte proportion de matières inertes.

Avec le soufre, avec les sulfures de Sb ou de Sn, avec l'hyposulfite Pb, le $KClO^3$ donne des pâtes susceptibles de s'enflammer par frottement sur une surface rugueuse, comme par ex., celle d'un tableau d'ardoise, mais non sur une étoffe. Ces pâtes tendent à fuser en brûlant au lieu de détoner comme la pâte au phosphore rouge. Avec le sucre, les gommes, la gélatine, l'inflammation peut encore s'obtenir sur l'ardoise, mais plus difficilement.

Les comburants autres que le chlorate : les nitrates, le minium oxydé (minium + AzO^3H et séché = mélange d'oxyde puce et de nitrate Pb), l'oxyde puce, le bioxyde Mn, les bichromates et chromates neutres ne donnent de pâte inflammable au bout d'une allumette, par simple frottement, avec aucun des combustibles usités, pas même avec le phosphore rouge.

Ces premiers essais montrent que le $KClO^3$ est le comburant nécessaire dans la constitution d'une pâte et que le phosphore rouge y est non moins indispensable.

Considérant donc comme fondamental le mélange de chlorate et de phosphore rouge, il lui a incorporé successivement divers combustibles minéraux pour former des mélanges ternaires toujours avec addition de colle et de verre pilé. Il a vu ainsi que la combustion du mélange chlorate-phosphore, si brusque et si propre à projeter de toute part des éclats enflammés de la pâte, est très atténuée par la présence d'un corps à combustion fusante comme le soufre, le sulfure d'antimoine, l'hyposulfite Pb de sorte qu'on peut obtenir, sans nuire à la sensibilité due au phosphore, des pâtes ayant une combustion en quelque sorte moyenne sans projection d'éclats.

Il lui a paru qu'un mélange ternaire formé de chlorate, de phosphore et d'un autre combustible était encore le plus souvent trop vif. Mais on peut toujours recourir pour le modérer à l'emploi de substances passives, telles que ZnO, les chromates insolubles, les oxydes Mn et Fe.

En définitive, on se fera une idée assez nette d'une pâte explosive pour allumettes en la considérant comme un mélange de quatre sortes de substances :

Un comburant $KClO^3$.

Deux combustibles minéraux au moins, dont l'un invariablement le phosphore rouge.

Deux substances inertes comme la silice ou le verre pilé.

Enfin, un colloïde en dissolution : gomme ou colle forte.

D'après les observations, une pâte devrait contenir à l'état sec de 12 à 15 % de phosphore rouge pour bien s'enflammer sur le drap et la proportion de chlorate ne doit pas dépasser 35 %; au delà, la combustion serait trop vive.

557. Compositions d'allumettes s'enflammant sur toutes surfaces.

Colle forte	250
Gomme adragante	50
Chlorate de potasse	1400
Sesquisulfure de phosphore	200
Oxyde de zinc	500
Bleu d'outremer	200
Verre pilé	300

Colle forte	250
Gomme adragante	50
Chlorate de potasse	1400
Phosphore rouge	200
Oxyde de zinc	500
Verre pilé	300

Colle forte	180	Allumettes françaises.
Chlorate de potasse	240	
Sesquisulfure de phosphore	60	
Blanc de zinc	60	
Ocre rouge	60	
Verre pilé	60	
Eau	340	

Le sesquisulfure de phosphore s'obtient par combinaison du phosphore amorphe et du soufre. Ce corps fond à 142°, n'émet pas de vapeurs, n'est pas phosporescent et peu vénéneux.

Dans la plupart des pays, on a exclu le phosphore blanc à cause d'empoisonnement des ouvriers.

558. Allumettes suédoises.

Pâtes.

I.	$KClO^3$	53,8
	Gomme arabique	10,0
	» adragante	3,0
	Peroxyde Mn	6,0
	» Fe	6,0
	Poudre de verre	12,0
	Bichromate K.	5
	Soufre	3
	Craie ou colophane	1,2
II.	$KClO^3$	5
	Bichromate K.	2
	Poudre de verre	3
	Gomme	2

Frottoir.

I.	Sb^2S^3	5
	Phosphore rouge	3
	MnO^2	1
	Gélatine	4
II.	Phosphore rouge	9
	FeS^2	7
	Verre pilé	3
	Gélatine	1

III.	$KClO^3$	59,3
	Chromate K . . .	21,6
	Soufre	2,3
	Substances minérales	4,0
	Matières agglutinantes	12,8

Pour rendre le bois incombustible ce qui l'éteint en le jetan on le trempe dans une solution de SO^4Mg ou d'alun.

Pâtes sans phosphore.

1°	Chlorate de potassium	24
	Chromate "	3
	Sulfate de baryum	9
	Sulfure d'antimoine (Kermès)	3
	Gomme arabique	5
	Poussière de zinc broyée avec un peu de phosphore	9

2°	Chlorate de potassium	57,5-59
	Hyposulfite double Cu, Ba	10 -15
	Gypse	3,7- 3,[illegible]
	Soufre	3,7- 5,[illegible]
	Pyrite	11 -12
	Gélatine	

Inflammation entre 90°-100° : s'allume sur drap.

Fumigène.

Phosphore rouge	25
Nitrate Ba	75

On peut mêler à de la poudre noire pour les obus.

HUITIÈME PARTIE.

Divers.

CHAPITRE I.

EMPLOI DES EXPLOSIFS EN PRÉSENCE DU GRISOU.

559. — Beaucoup d'explosions de grisou dans les houillères sont dues au tirage des mines. On a fait depuis quelques années des recherches sur le genre d'explosif qui serait à conseiller pour prévenir, dans de certaines mesures, les catastrophes amenées par le grisou.

La température d'inflammation de ce gaz est de 600 à 700° c. et la question est de trouver un explosif dont la température d'explosion soit inférieure à ces chiffres.

L'explosion du grisou peut provenir de l'allumage du coup de mine ou de la flamme qui jaillit de la mine elle-même. L'allumage du coup de mine par la mèche Bickford allumée à l'amadou et au briquet, le fétu en usage dans nos mines, sont des moyens dangereux dans une atmosphère explosive. L'allumage électrique fait soigneusement seul est bon, mais à la condition qu'aucune étincelle ne jaillisse autre part que dans le trou de mine.

Des expériences faites en France *(Mémorial des poudres et salpêtres*, t. II, page 335), prouvent que la poudre de mine, les dynamites n° 1 de Vonges et le n° 0 de Paulilles, la dynamite à l'ammoniaque de Paulilles, le coton-poudre, la dynamite-gomme, la Hellhoffite, l'explosif Favier, la bellite, etc., enflamment des mélanges de grisou et d'air [1].

On a recherché des explosifs nouveaux n'allumant pas le grisou.

[1] Voir règlement belge sur l'emploi des explosifs dans les mines *(Annexes)*.

On a mélangé de la dynamite n° 1 de Vonges avec du carbonate de soude cristallisé pulvérulent. Lorsque le mélange est fait à poids égaux, il n'allume plus le grisou en détonant sous enveloppe.

Un mélange à parties égales de dynamite et de sulfate de soude à 10 équivalents d'eau jouit de la même propriété.

Il en est de même du mélange à poids égaux de dynamite et d'alun.

Ce résultat est obtenu par la chaleur absorbée par la volatilisation de l'eau de cristallisation des sels hydratés.

Si l'on fait usage d'un sel anhydre, mais qui, par sa décomposition, peut absorber de la chaleur, le but sera aussi atteint; c'est ainsi qu'un mélange à poids égaux de dynamite et de chlorhydrate d'ammonium n'enflamme pas le grisou.

Il résulte des expériences exécutées, qu'on peut, en mélangeant à un explosif des substances qui ne détonent pas par elles-mêmes, ou qui produisent des effets de détonation moindres que l'explosif lui-même, obtenir des mélanges suffisamment puissants, mais n'enflammant plus, ou du moins rarement des mélanges grisouteux. MM. Mallard et Le Châtellier ont observé un retard considérable à l'inflammation que peuvent présenter les mélanges grisouteux. Il est donc possible de constater ce fait en apparence paradoxal, qu'un explosif dégageant une température de 2000° n'enflamme pas un mélange gazeux inflammable à 650°. Ce phénomène a lieu avec des explosifs qui détonent dans un temps très court; les gaz se forment subitement, se détendent et se refroidissent dans un temps moindre que le retard à l'inflammation du grisou.

Nous donnons ci-après les conclusions des intéressants et savants rapports faits par la commission (*Mémorial des poudres et salpêtres*, t. II, p. 502). « On sait que la température normale d'inflammation des mélanges grisouteux est de 600°, mais qu'il est nécessaire que l'action de cette température soit prolongée pendant un temps assez notable pour que l'inflammation se produise.

» Les nouvelles expériences, d'accord avec les anciennes, montrent que, grâce à ce retard à l'inflammation qui est caractéristique des mélanges grisouteux, grâce aussi au mélange presque instantané

des gaz provenant de la détonation avec l'air ambiant et au refroidissement brusque qui en est la conséquence, les explosifs dont la température de détonation est inférieure à 2200° environ, sont incapables d'enflammer les mélanges grisouteux, lorsqu'ils détonent dans les conditions normales de leur emploi, c'est-à-dire dans des trous convenablement bourrés. Le bourrage fait avec soin doit toujours être rigoureusement prescrit comme une des conditions les plus essentielles de la sécurité.

» Les garanties de sécurité vont en diminuant, toutes choses égales, à mesure que le bourrage devient plus imparfait. A la limite, et lorsque la cartouche détone sans enveloppe, à l'air libre, les conditions de sécurité ne peuvent plus être formulées avec la même netteté.

» La sécurité serait sans doute encore complètement assurée si l'explosif pouvait être constitué par une substance unique, dont la détonation développerait une température suffisamment basse et ne donnerait que des produits incombustibles. Malheureusement, l'azotate d'ammoniaque est, jusqu'à présent, la seule substance connue qui réalise ces conditions, et l'aptitude à la détonation en paraît insuffisante.

» On est donc forcé de recourir à des mélanges au moins binaires et qui, quelles que soient les précautions prises, ne sont jamais absolument intimes. Or, si l'une des substances mélangées est combustible ou, en détonant isolément, est susceptible soit de développer une température supérieure à 2200°, soit de donner des produits gazeux combustibles, on peut toujours craindre qu'une parcelle de cette substance, placée à la surface de la cartouche, vienne, au moment de la détonation, allumer le gaz. Telle est, sans doute, la cause des irrégularités qui se produisent dans l'allumage du grisou par la détonation de semblables mélanges à l'air libre.

» Ces allumages, en quelque sorte accidentels, sont d'autant plus à redouter que la substance qui peut les produire est en plus forte proportion, que le mélange est moins intime, et que la surface ou, ce qui revient à peu près au même, le poids de la cartouche est plus considérable.

» Le seul moyen que l'on ait de parer à cette cause de danger, heureusement secondaire, c'est d'assurer le mieux possible l'intimité du mélange, et de diminuer, autant qu'on le peut faire sans trop abaisser l'aptitude à la détonation et la force de l'explosif, la proportion de la substance capable d'enflammer le gaz.

» Il importe, en outre, de remarquer que la sécurité dans l'emploi des explosifs au sein d'une atmosphère grisouteuse repose, comme on l'a vu plus haut, sur le mélange presque instantané des gaz de la détonation avec une masse d'air ambiante suffisante. Il serait donc dangereux de tirer des coups de mine dans un espace trop limité et avec un poids d'explosif assez grand pour que le volume de l'air ambiant soit comparable à celui des gaz de la détonation.

» Ces diverses considérations justifient la règle donnée par la Commission dans son précédent rapport, et que nous croyons devoir rappeler textuellement :

» En raison de la complexité et du peu de fixité des phénomènes qui peuvent se produire dans la détonation à l'air libre, il sera toujours prudent d'éviter le tirage des coups de mine, même chargés avec un des explosifs considérés comme les plus sûrs, dans un point où le mélange d'air et de grisou est inflammable. Le choix de ces explosifs doit être considéré comme diminuant considérablement le danger de l'explosion; il ne doit pas être considéré comme le supprimant absolument. »

» Les mélanges binaires auxquels, dans l'état actuel de nos connaissances, on peut recourir pour constituer des explosifs propres à assurer la sécurité des mines à grisou, contiennent nécessairement l'azotate d'ammoniaque comme un de leurs éléments et peuvent se partager en deux catégories :

» I. On peut mélanger à l'azotate d'ammoniaque une substance détonant à haute température, mais donnant des produits incombustibles, la nitroglycérine, par exemple. La sécurité paraît convenablement assurée, lorsque la nitroglycérine étant employée à l'état de dynamite, la proportion de la dynamite ne dépasse pas 30 pour 100. Deux cartouches de 200 grammes, contenant 30 dyn., 70 azot., ont détoné très franchement à l'air libre dans un mélange grisouteux

sans l'allumer. Des cartouches de 50, 100, 200 gr. du mélange contenant 20 dyn., 80 azot. n'ont pas produit l'inflammation du grisou. Une cartouche de 50 gr. du même explosif a même pu détoner à l'air libre dans un mélange d'air et de gaz d'éclairage sans l'allumer.

« II. On peut aussi mélanger à l'azotate d'ammoniaque une substance combustible par elle-même ou donnant, en détonant, des produits combustibles.

» Les mélanges de cette nature doivent satisfaire aux conditions suivantes :

» Développer une température de détonation aussi basse que possible et, dans tous les cas, inférieure à 2200°;

» Ne pas donner de gaz combustibles après la détonation complète;

» Posséder une force explosive suffisante pour qu'on ne soit pas conduit à employer des poids d'explosif trop considérables;

» Présenter une aptitude à la détonation assez grande, au moins dans un trou bourré, pour que la proportion des coups ratés soit insignifiante :

« Pouvoir être préservés, pendant un temps suffisamment long, contre toute altération;

» Enfin pouvoir être livrés à l'industrie à un prix qui ne soit pas trop élevé.

» Parmi les nombreux mélanges à base d'azotate d'ammoniaque remplissant plus ou moins complètement toutes les conditions et que la Commission a expérimentés, ceux qui semblent devoir être cités de préférence sont les suivants :

» 1° Les mélanges contenant au plus 75 pour 100 d'azotate cuproammoniaque; celui qui réalise ce maximum n'a en détonant à l'air libre, enflammé ni le grisou avec des cartouches de 200 gr. (3 expériences), ni le gaz d'éclairage avec des cartouches de 100 gr. (2 expériences).

» 2° Le mélange contenant 6 pour 100 de naphtaline qui, détonant à l'air libre, n'a provoqué l'inflammation ni du grisou avec des cartouches de 200 gr. (2 expériences), ni du gaz d'éclairage avec des cartouches de 50 gr. (2 expériences), et qui n'a enflammé ce dernier gaz qu'avec des cartouches de 200 gr.

» 3° Le mélange contenant 15 pour cent de coton octonitrique qui,

détonant à l'air libre, n'a pas enflammé le grisou avec des cartouches de 200 gr. (2 expériences).

„ 4° Le mélange tenant 10 pour 100 de mononitronaphtaline qui, détonant à l'air libre, n'a, sur 5 expériences faites avec des cartouches de 60 gr., 100 gr. et 200 gr., allumé qu'une fois le grisou avec une cartouche de 60 gr.

„ 5° Le mélange tenant 10 p. 100 de binitrobenzine qui, détonant à l'air libre, n'a pas allumé le grisou avec des cartouches de 100 gr. (4 expériences) et, avec des cartouches de 200 gr., ne l'a allumé qu'une fois sur 3 expériences.

„ Des essais pratiques, faits dans les mines, et qui se poursuivent actuellement, permettront seuls aux exploitants de faire un choix entre les divers explosifs dont nous venons d'indiquer le principe. „

Dans sa circulaire du 1er août 1890, le Ministre des travaux publics de France, M. Yves Guyot (*Mémorial des poudres et salpêtres*, t. V, p. 37), fait connaître des compositions explosives à conseiller dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses. Elles ne fournissent dans la détonation aucun élément combustible tels que H, CO, C solide et la température d'explosion ne dépasse pas 1900° pour les travaux aux rochers et 1500° pour les travaux dans la couche :

1° Mélanges de dynamite n° 1 (à 75 °/₀ N G et 35 °/₀ de silice) et d'azotate d'ammoniaque, dans lesquels la proportion de dynamite ne dépasse pas 40 °/₀ pour les travaux au rocher et 20 °/₀ pour les travaux dans la couche.

2° Mélanges de dynamite-gomme (à 917 pour 1000 de nitroglycérine et 83 pour 1000 de coton ennéanitrique) et d'azotate d'ammoniaque, dans lesquels la proportion de dynamite-gomme ne dépasse pas 30 °/₀ pour les travaux au rocher et 12 °/₀ pour les travaux dans la couche.

3° Les mélanges de coton-octonitrique avec l'azotate d'ammoniaque, dans lesquels la proportion de coton-poudre ne dépasse pas 20 °/₀ pour les travaux au rocher et 9,5 °/₀ pour les travaux dans la couche.

4° Les mélanges de binitrobenzine et d'azotate d'ammoniaque, dans lesquels la proportion de binitrobenzine ne dépasse pas 10 °/₀ pour les travaux au rocher.

Le règlement français du 1er août 1890 porte :

Art. 2. — Il est interdit à l'exploitant de faire usage dans les travaux indiqués à l'article 1er (mines à grisou et mines poussiéreuses, dont les poussières sont inflammables) d'explosifs autres que les explosifs détonants satisfaisant aux conditions suivantes :

1° Les produits de leur détonation ne contiendront aucun élément combustible, tels que hydrogène, oxyde de carbone, carbone solide, etc.

2° Leur température de détonation ne devra pas être supérieure à 1900° pour les explosifs employés au travail de percement au rocher, ni à 1500° pour ceux qui seront employés dans les travaux en couche.

Les conditions précédentes avaient été aussitôt appliquées par les industriels et d'innombrables compositions d'explosifs dites de sûreté et antigrisouteuses furent proposées.

560. Explosifs dits de sûreté.

Antigrisou Favier n° II	Nitrate Am . . .	80,9
	Binitronaphtaline .	11,7
	AmCl	7,4
Favier n° IV	Nitrate Am . . .	95,5
	Binitronaphtaline .	4,5
Grisoutite de Matagne et dynamite antigrisouteuse de Baelen	NG	44
	Cellulose	12
	SO^4Mg	44
Densite D	Nitrate Am . . .	81,1
	„ Sr.	10,4
	Trinitrotoluol. . .	3,5
Densite E	Nitrate Am . . .	82,74
	„ Sr.	11,42
	Trinitrotoluol. . .	5,84
Antigrisou d'Arendonck	NG	27
	CP	1
	Nitrate Am . . .	72

Gélignite à l'ammoniaque	NG	29,3
	CP	0,7
	Nitrate Am . . .	70,0
Forcite antigrisouteuse n° 1	NG	29,4
	CP	0,6
	Nitrate Am . . .	70
Gélatine à l'ammoniaque A ou n° 2	NG	30
	CP	3
	Nitrate Am . . .	67
Minolite nouvelle	Nitrate Am . . .	87
	„ Na . . .	3
	Québracho pulvérisé imprégné de résine	2
	Binitronaphtaline .	3
	Trinitronaphtaline .	5
Dynamite de sûreté	NG	24
	CP	1
	Nitrate Am . . .	75
Flammivore	Nitrate Am . . .	85
	Sulfate Am . . .	5
	CP	10
Dahménite A	Nitrate Am . . .	91,3
	Naphtaline . . .	6,5
	Bichromate K . .	2,2
Nitroferrite n° 1	Nitrate Am . . .	93,5
	Ferrocyanure K . .	2
	Sucre cristallisé . .	2,5
	Trinitronaphtaline .	2
Poudre blanche Cornil	Nitrate Am . . .	90
	AmCl	5
	Trinitronaphtaline .	3
	Soufre	2

Fractorite	Nitrate Am . . .	90
	Colophane. . . .	4
	Dextrine	4
	Bichromate K . .	2
Explosif Lebeau ou Casteau n° 1	Nitrate Am . . .	90
	Nitrodextrine. . .	10
Baelenite	Nitrate Am . . .	85
	Trinitrotoluol. . .	15
Valterine	Nitrate Am . . .	93
	Trinitrocrésylate Am	7
Wallonite	Nitrate Am . . .	90
	Brai nitré	10
Westphalite	Nitrate Am . . .	91
	„ K	5
	Résine	4

Carbonite carbonée.

NG	25
KNO^3	34
Hydrate de C. . . .	39,5
Nitrate Ba.	1,0
CO^3Na^2	0,5

Carbonite I.

NG	25
NO^3Na	30,5
Farine	39,5
Bichromate K. . . .	5,0

Nobélite.

NG	28
CP soluble.	0,7
Huile végétale . . .	17,6
Hydrate de C. . . .	13,5
Nitrate pur	39,7
Sel marin	17,6

Wetter dynamite I de Nobel.

NG	30
NO^3Na	31
Naphtaline.	2
Alun.	1
Hydrate de C. . . .	35

Wetter dynamite II de Nobel.

NG	25,0
Huile végétale . . .	1,0
Hydrate de C. . . .	37,0
Alun.	5,0
NO^3Na	32

Carbonite II.

NG	30
NO^3Na	24,5
Farine	40,5
Bichromate K. . . .	5

Nobélite incongélable.

NG	28,05
CP soluble	1,20
Nitrate Am	43,90
Nitrotoluène	4,95
Sciure de bois	0,30
Chlorure Na	25,60

Donarite.

Nitrate Am	80
Trinitrotoluène	12
Farine	4
NG	3,8
CP soluble	0,2

Astralite.

Nitrate Am	84,5
Charbon de bois	1,0
Nitrotoluène	4,0
Huile de paraffine	2,5
Sciure de bois	1,0
NG	4,0

Fulménite.

Nitrate Am	86,5
Charbon de bois	5,5
Huile de paraffine	2,5
Trinitrotoluène	5,5
CP	4,0

Wetter Astralite.

Nitrate Am	74,5
Huile de paraffine	2,5
Charbon de bois	1,0
Sel marin	10,0
Trinitrotoluène	7,0
Nitroglycérine	4,0

Wetter fulménite.

Nitrate Am	76,5
Huile de paraffine	2,5
Trinitrotoluène	4,0
Sel marin	10,0
Charbon de bois	1,5
CP	4,0

Roburite II.

Nitrate Am	75,5
Trinitrotoluol	12,0
Farine	6,0
Nitrate K	5,0
Sel marin	5,0
Permanganate K	0,5

Flammivore (Arendonck).

Nitrate Am	85
CP soluble	10
Sulfate Am	5

Antigrisou d'Arendonck.

Nitrate Am	72
NG	27
CP	1

Grisoutite (t = 2029°).

NG	44
Cellulose	12
Sulfate Mg crist.	44

Dynamite gélatine à l'ammoniaque.

NG	27,3
CP collodion	0,7
Nitrate Am	72,0

Antigrisous Favier (grisounites).

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	Grisounite roche.	Grisounite couche.
Nitrate Am.	88	81,5	82	92	95,5
Dinitronaphtaline . .	12	11,1	—	8	—
Trinitronaphtaline .	—	—	5	—	4,5
Chlorure Am . . .	—	7,4	13	—	—

On ne peut comprimer ces mélanges riches en nitrate Am, à cause de l'inertie au choc; on procède à l'encartouchage en poudre et on paraffine.

Grisoutines (Paulilles).

	B.	F.	Grisoutine gomme.	N° 2.	N° 3.
NG.	11,76	19,60	29,10	35,00	22,00
CP	0,24	0,40	0,90	—	—
Nitrate Am . .	88,00	88,00	70,00	—	—
Nitrate Na . .	—	—	—	52,00	66,00
Cellulose . . .	—	—	—	13,00	—
Charbon . . .	—	—	—	—	12,00

Explosif Müller (Baelen).

NG	46
Sulfate Mg	45
Farine de bois	9

Grisoutite de Matagne.

NG	44
Sulfate Mg crist. . . .	44
Cellulose	12

Fractorite (Matagne).

Nitrate Am	90
Colophane.	4
Dextrine	4
Bichromate K	2

Explosif Callenberg.

1°	NG.	30
	Chlorure de thérébent.	4
	CP	1
	Sulfate Mg	24
	Nitrate K ou Na . .	40
	Carbonate Na . . .	1
2°	Nitrate Am	94
	Chlorure de thérébent.	5
	Naphtaline	1

Antigrisou d'Arendonck.

Nitrate Am .	72	Variété de grisoutine.
NG . . .	27	
CP. . . .	1	

Forcite antigrisouteuse
(Baelen-sur-Nèthe).

1°	Nitrate Am. . . .	70
	NG	29,4
	CP	1
2°	NG	44
	Sulfate Mg	44
	Cellulose.	12

Ammonite.

Nitrate Am	87-89
Nitronaphtaline . .	13-11

Ardeer powder.

NG	34-11
Kieselguhr	13-11
Sulfate Mg	51-40
Nitrate K	6-4
Carbonate Am . . .	1/2
Carbonate Ca . . .	1,5

Bellite n° 1.

Nitrate Am	81-79
Métadinitrobenzol . .	19-21

Bellite n° 3.

Nitrate Am	94-92
Nitrobenzol	6-8

Carbonite.

NG	27-25
Nitrate K ou Ba . .	36-30
Sciure de bois . . .	42-37
Benzol sulfuré . . .	0,5
Carbonate Na et Ca .	0,5

Dahménite A.

Nitrate Am . . .	93,5-91
Naphtaline . . .	6,5-4
Bichromate K . .	2,5-1

Électronite n° 2.

Nitrate Am	91-90
Sciure de bois et amidon	9-10

Kynite.

NG	27-33
Nitrate Ba et K . .	36-30
Sciure de bois . . .	43-37
Benzol	0,5

Roburite n° 3.

Nitrate Am	80-86
Dinitrobenzol . . .	13-9
Chloronaphtaline . .	2

Westphalite.

Nitrate Am	96-94
Gomme laque et eau .	4-6

Ammon carbonit = Nitrate Am + farine + 4 % NG + CP.

Astralit = Nitrate Am + trinitrotoluol (ou mononitronaphtaline) + charbon de bois + farine de bois + huile de paraffine + NG (maximum 4 %).

Wetter-Astralit = Astralit dans lequel 10 % du nitrate Am est remplacé par NaCl.

Bavarit I et II = 90 % NO^3Am + nitronaphtaline + charbon de bois (ou non).

Dahmenit = NO^3Am + NO^3K + naphtaline.

Dahmenit A = NO^3Am + Bichromate K et naphtaline.

Dahmenit B = NO^3Am + dinitrobenzol (ou dinitronaphtaline ou dinitrotoluol et acide oxalique.

Gesteins Dahmenit ou Perfektif Dahmenit = NO^3Am + hydrocarbures ou nitrocarbures (dinitrobenzol, nitronaphtaline, nitrotoluol avec ou non de la farine, nitrate K, Na, AmCl, chromates alcalins, oxalates alcalins, phosphates alcalins, etc.).

Donarit = NO^3Am + farine + trinitrotoluol + (CP soluble 4 °/₀ max. + NG).

Fulmenite = NO^3Am + trinitrotoluol + charbon de bois + huile de paraffine + 4 °/₀ max. de CP.

Fulmenite de sûreté = Fulmenite où l'on a remplacé 10 °/₀ de NO^3Am par NaCl.

Glückauf = NO^3Am + farine de plantes ou sucre, poix, huile grasse, oxalate de cuivre avec ou non NO^3K, NO^3Na, dinitrobenzol.

Minolite et Minolite I = NO^3Am + trinitronaphtaline avec ou sans binitrotoluol.

Petroclastite et Haloclastite = NO^3K + S + poix + bichromate K.

Petroclastite II = NO^3Na + NO^3K + S + poix + bichromate K + charbon de bois.

Progressite = NO^3Am + nitrate aniline.

Roburite = NO^3Am + chlordinitrobenzol + chlordinitronaphtaline.

Roburite I = NO^3Am + binitrobenzol + permanganate K avec ou non du sulfate Am.

Roburite I A et Roburite I e = NO^3Am + binitrobenzol + NO^3K + SO^4Am^2 + permanganate K.

Roburite I D = NO^3Am + binitrobenzol + NO^3K + SO^4Am^2 + farine + permanganate K.

Roburite I E = Nitrate Am + trinitronaphtaline (6-16 °/₀) ou mélange nitrate Am, trinitronaphtaline (5-18 °/₀), sulfate Am, nitrate K, permanganate K (4 °/₀) et farine.

Roburite I T = trinitrololuol, salpêtre du Chili, nitrate Am et permanganate K.

Roburite II = trinitrotoluol + farine + NO^3K + NaCl + MnO^4K + NO^3Am.

Roburite IIa = trinitrotoluol + farine + NO^3K + SO^4Am^2 + MnO^4K + NO^3Am.

Wetter Roburite = NO^3Am + KNO^3 + trinitrotoluol + farine + poudre de plantes + charbon de bois. — Magnésie, NaCl, AmCl, carbonates alcalins, oxalates alcalins, permanganate K avec ou non de l'aluminium en poudre (3 % au maximum).

Roburite = NO^3Am + dinitrobenzol.

Sécurite = Nitrate Am + farine + trinitrotoluol.

559. Recherches pratiques. — Les calculs théoriques des températures ne sont pas suffisants, attendu que d'autres phénomènes peuvent intervenir. MM. Watteyne et Denoël ont conclu dans un travail sur les explosifs de sûreté :

« *Au point de vue théorique*, la sûreté des explosifs en présence du grisou et des poussières de houille inflammables est une fonction de l'écart entre la durée du retard à l'inflammation et celle du refroidissement complet des produits de l'explosion.

» Le premier terme dépend à la fois des circonstances extérieures et de la nature de l'explosif, le second dépend de la nature et du poids de l'explosif qui détone.

» Pour un explosif quelconque, la sûreté n'est jamais que relative et ne peut se concevoir qu'en dessous d'une certaine limite de charge. Les principales conditions dont dépend la valeur relative des divers explosifs au point de vue de la sécurité sont la température de détonation, la pression initiale et la vitesse de l'explosion. Ces éléments sont caractéristiques pour un explosif donné, supposé de composition chimique homogène et sous un état physique déterminé. De leur combinaison, plus ou moins heureuse, dépend la grandeur de l'écart entre la durée du retard à l'inflammation et celle de la détente d'un poids donné de l'explosif. Leur influence sur la grandeur de cet écart est encore imparfaitement définie, ce qui tient à la complexité extrême des phénomènes qui entrent en jeu.

» Il y aurait donc, au point de vue spéculatif, le plus grand intérêt à poursuivre les études expérimentales. Les points qui demandent surtout à être plus intimement connus sont l'importance de la vitesse de l'explosion et celle de la pression initiale des gaz. Les effets de

ces deux éléments sont confondus dans l'essai au bloc de plomb par lequel M. Heise détermine le pouvoir brisant, mais leur détermination isolément contribuerait vraisemblablement à jeter de nouvelles lumières sur cette discussion. Sans doute nous entrons ici dans le domaine de recherches très délicates, mais les sciences physiques mettent chaque jour à notre disposition de nouveaux et puissants moyens d'investigation et nous font entrevoir la possibilité d'arriver à la connaissance théorique complète des explosifs de sûreté.

» *Au point de vue pratique*, il résulte de l'insuffisance de nos connaissances actuelles qu'on ne peut enserrer dans une formule à la fois simple et exacte les conditions multiples dont dépend la sûreté des explosifs en présence du grisou et des poussières de houille ; mais nous possédons le moyen de déterminer expérimentalement la *charge limite* de sûreté qui est l'expression de l'écart entre la durée du retard à l'inflammation et celle de la détente des gaz produits par l'unité de poids de l'explosif. Elle résume à la fois l'influence de la nature physique et chimique de l'explosif et celle de la grandeur de la charge ; elle donne par conséquent la plus juste idée du degré de sûreté relative des divers explosifs.

» La charge limite doit être déterminée dans des conditions identiques pour tous les explosifs et se rapprochant, autant que possible, des conditions les plus dangereuses pouvant se rencontrer en pratique dans les travaux des mines de houille.

» Un explosif de sûreté sera par suite caractérisé par une charge limite suffisamment élevée ; rigoureusement elle devrait être égale au maximum des charges qu'on emploie en pratique avec cet explosif. Ainsi la sécurité serait garantie, indépendamment de toutes les précautions dont il convient toujours d'entourer l'emploi des explosifs, mais qui peuvent être omises par suite de la négligence des boutefeux.

» Pour apprécier jusqu'à quel point un explosif se rapproche de cet idéal, il faut tenir compte, non seulement de la charge limite de sûreté, mais surtout de la puissance du travail qu'elle représente. C'est donc cette dernière quantité qui est la véritable unité de mesure du degré de sûreté des divers explosifs. Seront seuls classés comme explosifs de sûreté ceux pour lesquels cette caractéristique

sera supérieure à un minimum donné, équivalent par exemple à l'énergie potentielle d'une charge moyenne de dynamite n° 1. Eu égard à la nature particulière du travail à effectuer et aux chances de danger, ce minimum pourrait être différent suivant que les explosifs sont destinés à l'abatage de la houille ou aux travaux au rocher. »

C'est dans le but de déterminer cette charge limite que le gouvernement belge fit les installations de Frameries; les expériences d'explosion en présence du grisou firent élaguer une série d'explosifs qui avaient été considérés comme explosifs antigrisouteux et qui avaient été admis comme tels par la circulaire ministérielle du 27 octobre 1900.

560. — L'installation de Frameries comprend :

1° La galerie d'essais avec le massif du mortier.

2° La salle des machines.

3° Le local d'observation.

La galerie d'essais a une section elliptique de 2 mètres carrés et une longueur de 30 mètres pouvant être portée à 100 mètres. Ces longueurs sont prévues pour les expériences sur l'inflammation des poussières.

La galerie est construite en forts madriers cerclés intérieurement et extérieurement; elle est munie de fenêtres et de soupapes de sûreté. Elle est ouverte à une extrémité et fermée de l'autre par un massif de maçonnerie contenant le logement du mortier. Le mortier est en acier fretté et peut recevoir 500 à 900 grammes d'explosif et plus. La chambre d'explosion est constituée par une certaine portion de la galerie qu'on isole au moyen d'une cloison en papier, on obture de la même façon les ouvertures des soupapes.

Le grisou provient de la fosse et est capté dans d'anciennes galeries; il passe par un compteur, puis dans la galerie; il est intimement mélangé à l'air par un ventilateur.

Le grisou renferme 75-80 % CH^4 et 2 1/2 %-3 % CO^2 qu'on enlève en partie dans un épurateur à chaux. Le volume de gaz explosible expérimenté est de 10 m^3. Le mélange comporte 8 % de grisou et 92 % d'air. La température est maintenue entre 20 et 25° c. au moyen de radiateurs.

561. Recherche de la charge limite. — On la détermine par dix

essais ne provoquant pas l'inflammation du mélange grisouteux. On commence, au moyen de quelques expériences préliminaires, par produire l'inflammation, puis on diminue les charges progressivement d'un échelon jusqu'à l'obtention de la charge limite.

La valeur de l'échelon est de 50 grammes pour les charges supérieures à 200 grammes, de 25 grammes seulement pour les charges inférieures à cette quantité.

Les essais se font sans bourrage, afin de laisser à la flamme toute sa puissance. Cette condition est une exagération voulue parce qu'on ne tire pas des mines sans les avoir au préalable recouvertes d'un bourrage plus ou moins résistant.

562. Recherche de la puissance des explosifs. — Il ne suffit pas qu'un explosif soit de sûreté, il convient qu'il soit d'une puissance suffisante pour faire sauter les rochers.

L'essai se fait au bloc de plomb Trauzl.

On prend comme étalon une charge de 10 grammes de dynamite à 75 % de nitroglycérine.

La puissance est mesurée par le *poids équivalent*, c'est-à-dire par le poids de l'explosif considéré qui produit dans les mêmes conditions une excavation d'une amplitude égale à celle développée par la charge étalon. L'explosif est encartouché dans du papier blanc ordinaire.

On évite l'emploi de l'enveloppe d'étain qui modifie la composition et partant la résistance du plomb, quand on fait usage de bombes refondues.

Le détonateur est un n° 8 (2 gr.). Le bourrage s'effectue en versant sur l'explosif 20 centimètres cubes de sable fin sec, en tassant ensuite de l'argile faiblement humide au-dessus. Le bourrage est ensuite calé et serré au moyen d'une frette en fer et de coins en bois.

Le tableau récapitulatif suivant donne pour chacun des explosifs les caractères spéciaux (*Annales des mines*, t. X).

Les noms des explosifs appartenant à l'ancienne liste sont en caractères italiques.

Les noms des explosifs reconnus actuellement comme explosifs antigrisouteux sont soulignés (1907).

563. Tableau général récapitulatif des expériences.

Numéros.	DÉNOMINATION DE L'EXPLOSIF.	COMPOSITION.	Diamètre de la cartouche. m/m	Détonateur. no	Charges en grammes. maximum n'enflammant pas (charge limite).	Charges en grammes. minimum enflammant.	Poids équivalent en énergie à 10 gr. de dynamite no 1. Gr.	Poids équivalent de la charge limite en dynamite no 1. Gr.	Cube de roches enlevé en coupage M
1	*Fractorite*	Nitrate ammonique . . 90 Colophane . . . . . 4 Dextrine . . . . . 4 Bichromate 2	27	8	...	30	10,71	infér. à 28	infé à 0,1
2	*Baslenite*	Nitrate ammonique . . 85 Trinitrotoluène . . . 15	27	8	...	30	10,22	infér. à 29	infé à 0,1
3	*Gélatine à l'ammoniaque*	Nitroglycérine. . . . 30 Nitrocellulose . . . . 3 Nitrate ammonique . . 67	23	8	...	30	9,65	infér. à 32	infé à 0,1
4	*Minolite nouvelle*	Nitrate ammonique . . 87 Nitrate de sodium . . 3 Québracho pulvérisé imbibé de résine . . 2 Binitronaphtaline. . . 3 Trinitronaphtaline . . 5	31	8	30	50	14,93	21	0,08
5	*Densite D*	Trinitrotoluol . . . . 8,5 Nitrate de strontium. . 10,4 Nitrate ammonique . . 81,1	30	7	50	75	15,12	33	0,13
6	*Favier IV*	Nitrate ammonique . . 95,5 Bi tronaphtaline. . . 4,5	32	8	50	75	13,67	37	0,15
7	*Favier II*	Nitrate ammonique . . 80,9 Bi tronaphtaline. . . 11,7 Chlorure ammonique . 7,4	32	8	50	75	11,56	43	0,181
8	*Wallonite*	Nitrate ammonique . . 90 Brai nitré 10	32	8	50	75	10,70	47	0,19
9	*Dynamite anti-grisouteuse IV ou Dynamite de sûreté.*	Nitroglycérine. . . . 24 Nitrocellulose . . . . 1 Nitrate ammonique . . 75	27	8	50	75	10,56	47	0,19
10	*Westphalite*	Nitrate ammonique . . 91 Nitrate de potasse . . 4 Colophane 5	30	8	50	75	10,60	47	0,19
11	*Densite E*	Trinitrotoluol . . . . 5,84 Nitrate de strontium . 11,42 Nitrate ammonique . . 82,74	30	7	100	125	18,67	53	0,23
12	*Barlenite II*	Nitrate ammonique . . 95 Trini roto uene . . . 5	27	8	75	100	13,24	56	0,23
13	*Vonckite V*	Perchlorate ammonique. 53,24 Oxalate ammonique . . 32,30 Trinitronaphtaline . . 14,46	30	8	75	100	12,05	62	0,26
14	*Flammivore O*	Nitrate ammonique . . 70 Nitrate de baryte. . . 15 Cellulose . . . . . 5 Binitrotoluol 10	43	8	75	100	11,53	66	0,27

NUMÉROS.	DÉNOMINATION DE L'EXPLOSIF.	COMPOSITION.		Diamètre de la cartouche. m/m	Détonateur. no	Charges en grammes. maximum n'enflammant pas (charge limite).	minimum enflammant.	Poids équivalent en énergie à 10 gr. de dynamite no 1. Gr.	Poids équivalent de la charge limite en dynamite no 1. Gr.	Cube de roche enlevé en coupage de voie par la charge limite. M3
5	*Grisoutine I*	Nitroglycérine. . . .	24	27	8	75	100	10,78	69	0,290
		Nitrocellulose. . . .	1							
		Nitrate ammonique . .	75							
6	*Wallonite II*	Nitrate ammonique . .	70	32	8	125	150	14,04	88	0,370
		Nitrate de soude . . .	20							
		Brai nitré	10							
7	*Securophore I*	Nitroglycérine. . . .	40	27	6	125	150	11,95	105	0,444
		Nitrocellulose. . . .	1							
		Nitrate ammonique . .	27							
		Nitrate de potasse . .	4							
		Sel d'acide sébacique .	12,5							
		Farine de seigle . . .	10							
		Farine de bois. . . .	2							
		Hydrocarbure liquide .	3,5							
8	*Gélatine-Carbonite*	Nitroglycérine. . . .	27	26	8	200	250	13,73	146	0,613
		Coton collodion . . .	0,7							
		Colle de gélatine-glycér.	6,5							
		Chlorure ammonique .	14							
		Nitrate de soude . . .	22,8							
		Nitrate ammonique . .	29							
9	Grisoutite (Matagne)	Nitroglycerine. . . .	44	27	6	300	350	16,80	179	0,752
		Sulfate de magnésie . .	44							
		Cellulose	12							
10	Securophore II Westfaelisch Anhaltische Sprengstoff AG Berlin	Nitroglycérine. . . .	36,36	27	6	250	300	13,49	184	0,773
		Nitrocellulose. . . .	0,91							
		Nitrate ammonique . .	24,55							
		Nitrate de potasse . .	3,64							
		Acide sebacique . . .	11,36							
		Farine de seigle . . .	9,09							
		Farine de bois. . . .	1,82							
		Hydrocarbure liquide .	3,18							
		Chlorure de sodium . .	0,09							
21	Ammoncarbonite Sprengstoff AG Hambourg	Nitrate ammonique . .	82	28	8	400	450	15,74	254	1,067
		Nitrate de potasse . .	10			550	600		349	
		Farine de blé	4			sans enveloppe				
		Nitroglycérine. . . .	4			paraffinée				
22	Fractorite *B* Matagne	Nitrate ammonique . .	75	43	8	450	500	15,73	286	1,201
		Oxalate ammonique .	2,2							
		Chlorure ammonique .	20							
		Binitronaphtaline. . .	2,8							
23	Favier IIbis Vilvorde	Binitronaphtaline. . .	2,4	32	8	500	[1]	17,06	supér. à 293	supér. à 1,231
		Nitrate ammonique . .	77,6						[1]	
		Chlorure ammonique .	20							
24	Densite II Ghinjonet Ougrée	Trinitrotoluol	7,5	30	8	550	600	18,52	310	1,247
		Nitrate de potasse . .	30							
		Nitrate ammonique . .	62,5							

1 Les dimensions du mortier n'ont pas permis d'atteindre la charge d'inflammation.

Numéros.	DÉNOMINATION DE L'EXPLOSIF.	COMPOSITION.	Diamètre de la cartouche. m/m	Détonateur. no	Charges en grammes. maximum n'enflammant pas (charge limite).	Charges en grammes. minimum enflammant.	Poids équivalent en énergie à 10 gr. de dynamite no 1. Gr.	Poids équivalent de la charge limite en dynamite no 1. Gr.	Cube de roches enlevé en coupage de voie. M3
25	Wallonite III Ansay Trooz	Nitrate ammonique . . 70 Nitrate de soude . . . 25 Brai nitré 5	32	8	600	650	19,76	304	1,377
26	Poudre blanche Cornil Ibis Châtelet	Nitrate ammonique . . 77 Nitrate de potasse . . 1 Binitronaphtaline . . . 3 Chromate de plomb . . 1 Chlorure ammonique . 18	30	8	500	(1)	16,40	supér. à 305 (1)	supér à 1,28
27	Densite III Ghinijonet Ougrée	Trinitrotoluol . . . 4 Nitrate ammonique . . 74 Nitrate de soude . . . 22	30	7	700	760	22,60	310	1,302
28	Flammivore I Arendonck	Nitroglycérine-gélatinée 4 Nitrate de potasse . . 10 Nitrate ammonique . . 82 Farine de seigle . . . 4	43	8	500	550	15,33	326	1,369
29	Carbonite II Sprengstoff Hambourg	Nitroglycérine. . . . 30 Nitrate de soude. . 24,5 Farine de blé . . . 40,5 Bichromate de potasse . 5	27	6	550	600	16,41	335	1,407
30	Grisoutine II Arendonck	Nitroglycérine. . . . 44 Sulfate de soude . . . 44 Farine de bois. . . . 12	43	6	650	700	19,16	339	1,424
31	Dynamite antigrisouteuse V Baelen Wezel	Nitroglycérine. . . . 44 Sulfate de soude . . . 44 Cellulose 12	27	6	650	700	18,08	359	1,508
32	Minite Arendonck	Nitroglycerine. . . . 25 Nitrate de potasse . . 35 Farine de seigle . . . 39,5 Soude 0,5	43	6	750	800	18,53	405	1,700
33	Colinite antigrisouteuse Matagne	Nitroglycérine. . . . 25 Nitrate de potasse . . 34 Nitrate de baryte. . . 1 Farine de blé . . . 38,5 Farine d'écorce . . . 1 Carbonate de soude . . 0,5	43	6	900	(1)	18,12	supér. à 497 (1)	supér à 2,08
34	Koklencarbonite Sprengstoff AF Carbonit Hambourg	Nitroglycérine. . . . 25 Nitrate de potasse . . 34 Farine de blé . . . . 38,5 Nitrate de baryte. . . 1 Farine d'ecorce . . . 1 Soude 0,5	27	6	900	(1)	17,97	super. à 501 (1)	super à 2,10
35	Securophore III Westfaelisch Anhaltische Sprengstoff AG Hambourg	Nitroglycérine. . . . 25 Nitrate de potasse . . 34 Nitrate de baryte. . . 1 Bicarbonate de soude . 0,5 Farine de seigle . . . 38,5 Farine de bois. . . . 1	27	6	850	900	15,51	548	2,30

(1) Les dimensions du mortier n'ont pas permis d'atteindre la charge d'inflammation.

Numéros.	DÉNOMINATION DE L'EXPLOSIF.	COMPOSITION.		Diamètre de la cartouche.	Détonateur.	Charges en grammes. maximum n'enflammant pas (charge limite).	Charges en grammes. minimum enflammant.	Poids équivalent en énergie à 10 gr. en dynamite no 1.	Poids équivalent de la charge limite en dynamite no 1.	Cube de roches enlevé en coupage de voie par la charge limite.
				m/m	n°			Gr.	Gr.	M3
6	Permonite	Nitroglycérine	6	»	»	900 (1)	—	15,59	supér. à 577 (1)	supér. à 2,424
	Sprengstoff AG	Colle de gélatine-glycér.	1							
	Carbonit	Farine de blé	4							
	Hambourg	Farine de bois	3							
		Trinitrotoluène	7							
		Perchlorate K	24,5							
		Chlorure Na	25							
		Nitrate Am	29							
7	Phénix I	Nitroglycérine	30	»	»	400	—	13,85	310	1,201
	Nahnsen	Nitrate de soude raffin.	32							
	Hambourg	Farine	38							
	Yonckite n° 9	Nitrate ammonique	65	»	»	450	—	16,37	275	1,139
	Ben Ahin	Nitrate de soude	25,5							
		Perchlorate Am	6							
		Trinitronaphtaline	3,75							
8	Fractorite D	Nitrate d'Am.	75	»	»	700	—	16,66	420	1,762
	Matagne	Nitrate Na	10							
		Oxalate Am	7							
		Nitroglycérine	3							
		Farine de blé	4							
9	Forcite	Nitroglycérine	26	»	»	750	—	18,17	413	1,733
	antigrisouteuse n° 3	Nitrate K	34							
	Baelen	Nitrate Ba	1							
		Farine de blé	38,5							
		Farine d'ecorce	1							
		Carbonate Na	0,5							

Les dimensions du mortier n'ont pas permis d'atteindre la charge d'inflammation.

564. — Explosifs pour mines (Bichel).

Explosifs.	Composition.	Chaleur dégagée pour 1 kg.	Élargissement du bloc Pb.	Vitesse de détonation par 1".	Durée de la flamme de 100 grammes.	Longueur de la flamme (100 gr.)	Charge limite 7 % grisou-poussière.	Degré de charge (degrés 20°)
			gr.		1/1000 de 1".	mm.	gr.	
Poudre noire	75 NO3K. 13 charbon. 12 soufre.	574	0	2-300 mètr.	77,0	110	5	0
Dynamite gomme	92 NG. 8 CP collodion.	1422	650	7700	8,72	224	5	0
Dynamite I	75 NG. 25 guhr.	1170	520	6818	8,31	228	5	0
Gélatine dynamite	68,5 NG. 1,5 CP collodion. 27 NO3Na. 3 sciure bois.	1321	560	6210	1,23	150	5	1
Donarite	80 NO3Am. 12 trinitrotoluol. 3,8 NG. 0,2 CP collodion. 4 farine.	836	500	3930 air libre 4137 en tubes de fer	0,40	69	130	0
Ammon Carbonite I	80,3 NO3Am. 5 NO3K. 4 NG. 0,2 CP collodion. 6 charbon. 4,5 amidon.	850	470	1752 3195	0,32	56	300	0
Ammon Carbonite	82 NO3Am. 10 NO3K. 4 amidon. 4 cellulose gélatinée.	757	330	1649 3094	0,28	51	500	
Thunderite	92 NO3Am. 4 trinitrotoluol. 4 farine.	777	310	2137 3654	0,33	43	150	
Carbonite II	30 NG. 24,5 NO3Na. 40,5 farine. 5,0 bichromate K.	602	300	2472	0,53	48	900	
Carbonite I	25 NG. 30,5 NO3Na. 39,5 farine. 5 bichromate K.	601	290	3042	0,47	45	1000	
Carbonite pour charbon	35 NG. 34 NO3K. 1 NO^3_2Ba. 39,5 farine. 0,5 CO3Na2.	506	270	2700	0,31	41	1100	
Carbonite	25 NG. 30,4 NO3K. 4 NO^3_2Ba. 40 farine. 0,5 CO3Na2.	576	265	2443	0,33	40	>1100	<

565. — Les expériences de Frameries ont mis en lumière certains points importants.

A. Elles ont confirmé l'influence sur la sûreté des explosifs ou tout au moins de certains d'entre eux, de la vaporisation d'une certaine quantité d'eau ou de la gazéification d'une substance volatile au moment de l'explosion.

B. Les différences constatées relativement aux inflammations et non inflammations produites par un même explosif, détonant dans les mêmes conditions, ne peuvent être attribuées qu'au manque d'homogénéité dans la composition des cartouches.

C. L'influence de l'enveloppe paraffinée semble réelle, elle diminue la charge limite.

D. L'action favorable au point de vue de la sûreté de l'augmentation de la dose de nitrate ammoniaque est confirmée.

E. La température de détonation calculée bien que constituant un élément précieux d'investigation ne peut à elle seule mesurer la sûreté.

F. La sûreté d'un explosif ne dépend pas seulement de sa composition chimique, mais aussi de son mode de fabrication.

G. Une bourre de faible longueur légèrement tassée renforce déjà considérablement la sûreté.

566. Durée de la flamme. — Elle a une grande importance pour les antigrisous. Plus la flamme dure plus elle est dangereuse et la durée de la flamme est une des caractéristiques de la sûreté.

L'explosif est placé dans un mortier vertical en avant d'une mire graduée. Les rayons lumineux frappent un écran percé d'une fente derrière laquelle est un tambour tournant recouvert d'un papier sensible.

Lorsque le tambour est immobile, l'image a la largeur de la fente et une hauteur proportionnelle à celle de la flamme. Mais lorsqu'il tourne, l'image s'étale dans le sens de la largeur et la plus grande élongation rapportée à la vitesse tangentielle du tambour permet d'évaluer à 1/1000 de seconde près la durée du phénomène.

567. Vitesse de détonation. — On fait sauter une file de cartouches au contact immédiat sur 35 mètres de longueur; on mesure avec le chronographe Leboulangé la vitesse de détonation.

On a reconnu que la vitesse de détonation augmente jusqu'à un certain point avec le diamètre des cartouches.

Lorsqu'on met les explosifs dans des tubes en fer, on ne constate aucune différence entre les vitesses à l'air libre pour les explosifs à base de nitroglycérine; les vitesses augmentent beaucoup pour ceux au nitrate d'ammonium.

568. Aptitude à la détonation (Bichel). — Lorsqu'on met plusieurs cartouches en contact, qu'on amorce l'une d'elles avec un détonateur, toutes font explosion. Mais si on laisse entre les cartouches des espaces croissants, l'explosion ne se transmet pas aussi facilement dans tous les explosifs; la distance de transmission est une propriété caractéristique.

Avec des cartouches de 30 mm. de diamètre on a obtenu :

Dynamite gomme .	détone incomplètement à l'air libre.
Dynamite n° I	310 mm.
Gélatine dynamite	250
Donarite.	60
Ammoncarbonite n° I.	50
Thunderite	30
Carbonite n° II.	190
Carbonite n° I	190
Carbonite pour charbon	150
Carbonite	200

L'aptitude à la détonation est plus grande pour les dynamites que pour les explosifs au nitrate d'ammonium; les dynamites demandent des détonateurs moins forts que les seconds.

On a fait des essais avec la gélatine dynamite en quantités de 1, 5, 10, 25, 50, 100, 200 Kg. placés au centre d'un cercle dessiné par des charges secondaires de 1/2 et 2 1/2 Kg. et avec des rayons de 90, 145, 180, 225, 250, 275, 525 centimètres.

Toutes les charges enterrées dans le sol; on a trouvé que la détonation de 10 Kg. de gélatine dynamite n'a plus d'influence sur 2,5 Kg. à 1 mètre de distance.

On doit peut-être admettre que c'est à la flamme qu'est due la

propagation de l'explosion et que c'est principalement de la longueur de cette flamme que dépend la détonation par influence. Cette longueur dépend de la grandeur de la charge. Dix kilogrammes d'explosif au nitrate d'ammonium ne transmettent l'explosion à des charges de 1/2 Kg. qu'à 50 centimètres de distance; la dynamite en même quantité fait sentir son influence jusqu'à 4m50.

A Keken, 18960 Kg. de dynamite à la gélatine influencent une caisse de 150 Kg. à 45 mètres et une autre à 50 mètres, tandis qu'une troisième de même importance n'est pas influencée à 20 m.

569. Définitions des explosifs de sûreté et des explosifs antigrisouteux. — Au congrès de chimie appliquée de Rome (1906), on a émis le vœu bien légitime que, vu les confusions qui se sont déjà produites et qui sont de nature à compromettre gravement la sécurité des ouvriers mineurs, on adopte des expressions différentes et distinctes pour désigner les explosifs de sûreté sous le rapport de *la manipulation* et les explosifs de sûreté à l'égard *du grisou* et *des poussières*. Les premiers seuls continueront à être désignés sous le nom *d'explosifs de sûreté*. Les seconds seraient désignés sous le nom *d'antigrisouteux*.

570. Explosions causées par les poussières de houille en l'absence du grisou. — M. Hall, inspecteur des mines en Angleterre, a fait, par ordre du gouvernement anglais, des expériences à ce sujet.

Les premières expériences furent faites en 1890 dans un vieux puits de 58 mètres de profondeur et de 4m80 de diamètre. Dans le fond du puits se trouvait un canon placé verticalement, auquel on pouvait mettre le feu électriquement.

De la fine poussière de houille était jetée en haut du puits. La première expérience faite avec 200 kg. de poussière ne produisit rien avec une charge de 330 gr. de poudre. Mais un second coup chargé à 450 grammes produisit une explosion violente et la flamme se propagea à 6 mètres au-dessus du sol.

On fit des expériences un peu plus tard :

1er coup. — Charge de 250 gr. de poudre; on bourre avec de la poussière. On verse dans le puits 250 kg. de poussière de la mine Arley et, 20 minutes après, on met le feu; il ne se produit aucune explosion, mais une flamme qui monte jusqu'à l'orifice sans le dépasser.

2e coup. — Charge de 120 gr. de roburite et bourrage de poussière de houille. On verse 250 kg. de poussière; le coup n'allume pas.

3e coup. — Il est tiré deux heures après le précédent; charge : 450 gr. de poudre; on ne verse pas de poussière sèche, mais l'atmosphère en tient encore en suspension. Il se produit une violente explosion et une flamme qui ne monte pas jusqu'à l'orifice.

4e coup. — Même charge que le troisième coup; on verse 300 kg. de poussier; il se produit une flamme qui monte à 9 mètres au-dessus de l'orifice.

Le puits ne contenait pas une trace de grisou.

D'autres expériences furent établies à des profondeurs plus grandes. Dans un dernier essai, la longueur de la flamme fut de 162 mètres.

Ces faits sont du reste connus depuis longtemps et se comprennent fort bien.

Les exemples d'explosions dans les moulins à farine sont aussi nombreux.

571. Tirage des coups de mine à la chaux. — On fait usage de chaux très grasse. Après calcination du calcaire, on pulvérise la chaux et on la comprime à la presse hydraulique sous forme de cartouches cylindriques. Le moule a 64^{mm} de diamètre et $0^{m}18$ de profondeur; la pression réduit la hauteur à $0^{m}11$. Suivant une des génératrices, on ménage une rainure de 13^{mm} de diamètre. On emballe dans des caisses arrangées spécialement pour empêcher l'action de l'air.

Les cartouches sont introduites dans le front de taille de la houille qui a été souscavée. Les trous ont 76^{mm} de diamètre et 1 mètre de profondeur. On introduit d'abord un tube de fer de 13^{mm} de diamètre, perforé de trous. On introduit les cartouches, on bourre très serré et de manière imperméable, puis on injecte de l'eau avec une petite pompe à bras. La chaux foisonne et, au bout de 10 à 30 minutes, on enlève les étais et le bloc de houille tombe sans menus.

CHAPITRE II.

DESTRUCTION DES MATIÈRES EXPLOSIVES.

572. — Cette destruction doit être faite avec beaucoup de précautions par des personnes ayant la grande pratique du maniement des explosifs, la connaissance parfaite de leur composition, possédant une instruction technique et chimique suffisantes pour pouvoir les reconnaître à première vue et procéder à une analyse sommaire.

Nous avons toujours regretté, pour notre part, de voir désigner pour ce service parfois fort dangereux pour l'opérateur et son entourage, des personnes n'ayant pas toute la compétence voulue, non pas qu'elles ne possèdent point une instruction *théorique suffisante*, mais parce qu'elles n'ont pas la pratique courante des explosifs industriels et autres.

Dans les différents pays, il existe des instructions relatives à la destruction des matières explosives saisies et confisquées par les autorités judiciaires ou civiles (voir plus loin).

Des engins explosifs.

573. — Il sont ordinairement désignés sous le nom de *bombes*.

Celles-ci renferment des matières explosives ou incendiaires dont on ne peut, sans prendre des précautions spéciales, déterminer la nature ni les moyens de mise de feu. Tels sont les projectiles d'artillerie et les machines dites infernales.

Tous ces engins renferment une quantité plus ou moins considérable de matières explosives de composition très variées, fabriquées par les criminels d'après des recettes recueillies dans les ouvrages spéciaux, au moyen de matières premières de drogueries souvent impures et mal mélangées.

Les systèmes d'amorçage des engins criminels sont extrêmement nombreux; ils sont le plus souvent combinés avec une ingéniosité telle qu'elle déroute parfois ceux qui sont chargés de les examiner.

Nous allons passer en revue quelques attentats commis au moyen d'engins explosifs amorcés de différentes manières.

574. Amorçage à la mèche. — *Attentat contre le premier Consul* (24 décembre 1800). — Un tonneau de porteur d'eau est chargé de poudre noire amorcée au moyen de mèches ordinaires. Robert de Saint-Régent, déguisé en charretier, disposa sa charrette sur l'itinéraire que devait parcourir Napoléon Bonaparte. L'engin fit explosion alors que le premier Consul était passé. Douze personnes furent tuées et trente autres blessées.

Aujourd'hui, grâce à la régularité des mèches Bickford, on peut facilement calculer le temps qui s'écoulera entre le moment de l'allumage et le moment de l'explosion.

Beaucoup d'engins explosifs que nous avons eu l'occasion d'examiner comme expert judiciaire, étaient amorcés à la mèche Bickford avec ou sans détonateur au fulminate de mercure. Celui-ci est surtout employé dans les régions minières où les vols de dynamite, de mèches et de détonateurs sont relativement faciles. La mèche Bickford est souvent munie d'un long bout d'amadou ou de mèche de fumeur ou même de vieille toile qui augmente le temps de la combustion et ménage un alibi au coupable.

Parfois la mèche consiste en un chiffon de coton imbibé de pétrole et séché qui brûle lentement, ou d'une simple bande d'amadou.

La nature de la mèche est déjà un indice de la nature de l'explosif qui charge la bombe : poudre noire, dynamite, etc.

Les bombes du sinistre *Ravachol* étaient amorcées à la mèche Bickford. En 1892, Ravachol et son fidèle Simon dit « Biscuit » enlevèrent du magasin d'un carrier à Soisy-sous-Etiolles, une grande quantité de cartouches de dynamite. Ravachol déposa une marmite dans la maison du conseiller Benoît qui avait présidé la session d'assises où les compagnons Decamps, Dardare et Leveillé avaient été condamnés. La maison s'écroula en partie.

Le 27 mars suivant, Ravachol déposa sur le palier du second étage de la demeure de M. Bulot, alors avocat-général, une valise qu'il portait à la main. Il mit le feu à la mèche Bickford et s'éloigna d'un pas tranquille. Une terrible explosion démolit en partie l'immeuble.

Quelques jours après, Ravachol fut arrêté sur les indications d'un garçon du restaurant Very.

La veille du procès, Meunier avait chargé une valise du restant de la dynamite volée à Soisy-sous-Etiolles, il alluma la mèche dans un édicule voisin du restaurant Very et vint déposer l'objet dans la boutique contre le comptoir. Quelques instants après, la valise fit explosion en exerçant des ravages terribles.

575. Amorçage mécanique. — On peut faire usage d'un mouvement d'horlogerie qui, à une heure déterminée, peut produire une mise de feu quelconque, soit par le choc du marteau sur une enclumette chargée d'un explosif sensible ou par la rupture d'un tube à l'acide sulfurique qui allume un explosif au chlorate de potasse.

En 1875, une caisse avait été apportée au port de Bremerhafen pour être embarquée au moment du départ d'un courrier; à peine fut-elle mise sur le quai qu'une explosion épouvantable retentit, détruisant et tuant tout dans un rayon de 200 mètres. Soixante-dix personnes périrent. Sur l'aveu du criminel, blessé et moribond, on connut que la caisse était chargée de nitroglycérine et de dynamite, qu'un mouvement d'horlogerie devait faire détoner lorsque le navire se trouverait en pleine mer et cela dans le but de toucher des primes d'assurances.

Une poignée extérieure de l'engin peut être mise en relation avec la détente d'une platine percutante de pistolet ou de revolver chargé. Il faut prendre la plus grande attention à ce mode d'amorçage et se méfier de tout ce qui fait saillie des boîtes suspectes.

Un clou ou autre tige métallique faisant un peu saillie peut servir de percuteur à un détonateur au fulminate de mercure et produire l'explosion par une manœuvre un peu brutale de l'engin.

Une poignée peut être mise en relation avec une étoupille à friction, genre de l'artillerie, ou avec un dispositif très sensible à la traction, tel qu'un pétard ou un cosaque que l'on trouve dans certains bonbons.

En 1891, il fut envoyé à Mme Constans, femme du ministre de l'Intérieur, à M. Treille, médecin en chef des colonies, et à M. Étienne, sous-secrétaire d'État aux colonies, des volumes ayant

la forme de missels. Les pages avaient été collées par les bords et dans le centre il avait été ménagé, par le découpage de feuilles, une espèce de boîte remplie de fulminate de mercure, de clous et d'autres projectiles. Un cosaque était attaché, d'une part, au couvercle et, d'autre part, dans le fond de la boîte, de sorte qu'en faisant effort pour ouvrir le livre par traction sur la reliure, l'engin faisait explosion.

Ces missels, dont heureusement on se méfia, furent envoyés au laboratoire municipal où on les radiographia. Ils furent ensuite noyés et analysés. En 1894, le secrétaire de M. de Rotschild, en ouvrant une lettre, eut la main brûlée et un œil crevé.

On conçoit que l'amorçage mécanique permet des combinaisons extrêmement nombreuses qui dépendent de l'esprit inventif de celui qui en fait usage.

576. Amorçage chimique. — On emploie surtout l'action de l'acide sulfurique sur une poudre au chlorate de potassium. Dans les bombes dites à renversement, un tube à essai, ou une petite bouteille remplie d'acide sulfurique est enfoncée dans la masse explosive, le goulot en l'air et fermé au moyen d'un tampon d'ouate. L'enveloppe consiste ordinairement en une marmite en fonte placée le fond en dessus. Le couvercle de la marmite est bien fixé au moyen de fils de fer. Dès qu'on redresse la marmite au moyen de l'anse, l'acide s'écoule et met le feu à la bombe. On peut retarder l'explosion en faisant usage d'un tampon d'ouate plus ou moins long et serré.

Après l'exécution de Ravachol le 10 juillet 1892, Émile Henry entra en scène. Le 8 novembre 1892, il composa une marmite à renversement. Elle fut déposée dans l'escalier d'un immeuble de l'avenue de l'Opéra où étaient installés les bureaux de la Société de Carmaux; elle y fut découverte et transportée au commissariat de police de la rue des Bons-Enfants. C'est là qu'elle éclata, faisant six victimes.

Le feu peut aussi se mettre à l'explosif chloraté par l'intermédiaire d'une traction qui provoque la rupture d'un tube contenant de l'acide sulfurique. Ce tube est scellé à la lampe et enfoncé dans

la masse explosive. Par un dispositif facile à combiner, une traction opérée sur le tube au moyen d'une poignée extérieure casse le verre (qui peut être mince et fragile) et provoque l'explosion.

Dans certaines bombes posées, on fait usage d'un tube à essai contenant de l'acide sulfurique et bouché au moyen d'un tampon d'ouate plus ou moins serré. Une expérience préalable apprend bien vite comment ce bouchon doit être constitué pour résister pendant un temps déterminé à l'action de l'acide. L'engin étant rempli d'explosif chloraté, on glisse le tube-amorce au travers d'un trou du couvercle, le tampon d'ouate par en dessous. Le bouchon se corrode peu à peu et ouvre bientôt la voie à l'acide.

Il ne faut jamais enlever le tube en verre de l'engin parce que le maniement même prudent peut provoquer la chute du bouchon. Il se pourrait encore que l'on ait placé un dispositif quelconque qui débouche le tube au moment où on tenterait de l'enlever.

Le 18 mars 1904, il fut trouvé la nuit, vers 1 ½ h., une boîte qui avait été déposée sur le seuil de la porte d'un officier de police de Liège. La boîte portait une poignée, et du couvercle sortait un tube fermé rempli d'une liqueur jaunâtre. On fit appel à un officier d'artillerie, le commandant Papyn, qui examina l'engin vers 2 ¼ h., lorsque tout à coup celui-ci éclata en fauchant sept personnes qui se trouvaient dans le voisinage.

Le commandant Papyn, affreusement blessé, dut subir l'amputation des deux jambes et mourut après douze jours de souffrances.

Une seconde bombe fut déposée le lendemain chez le commissaire de police de Saint-Nicolas à Liège; au moyen d'une corde on la fit tomber, le tube en verre s'échappa. La bombe fut ensuite détruite à coups de fusil : elle fit explosion.

Les coupables, des anarchistes français, furent arrêtés et condamnés à la réclusion perpétuelle.

La bombe déposée sur le seuil de l'habitation de M. le commissaire Laurent consistait en une caisse rectangulaire de 22 ½ cm. sur 16 ½ cm. de base et 30 cm. de hauteur, en bois de hêtre de 1 ½ cm. d'épaisseur, très solidement clouée à l'aide de pointes de Paris. Le couvercle était vissé. Une poignée de transport en fort

fil de fer avec une menotte en bois était fixée sur le couvercle et rabattue sur le côté.

Au milieu du couvercle s'élevait un tube de verre fermé à la partie supérieure, analogue à une éprouvette ou tube d'essais des laboratoires. Il dépassait le couvercle de 6 à 8 cm. et contenait un liquide jaunâtre qui était de l'acide sulfurique.

La matière explosive dite poudre verte, reconstituée par l'expertise, était un mélange de ferrocyanure de potassium, de chlorate de potasse et d'acide picrique.

En 1905, la bombe qui avait été déposée à l'hôtel Trobetskoy, à Paris, était amorcée de la même façon. Elle consistait en une boîte en fer-blanc à conserves alimentaires, noyée dans un bloc de plâtre.

A la même époque, un engin semblable fit explosion à l'Avenue de la République.

Au lieu d'amorcer par l'acide sulfurique, on peut employer des globules de potassium, de sodium, de mélange de peroxydes alcalins et de métaux en poudre, du carbure de calcium, qui prennent feu par l'eau.

577. Bombes lancées. — Elles échatent par le choc sur le sol ou sur un obstacle plus ou moins résistant.

Le 14 janvier 1858, lors de l'attentat d'Orsini contre l'empereur Napoléon III, les bombes étaient amorcées au moyen de capsules de fulminate de mercure. Les engins avaient la forme ovoïde de 12 cm. de haut sur 7 cm. de diamètre. Les parois en fonte avaient une épaisseur de 3 cm. à la base et seulement 3 mm. à la pointe. L'œuf était formé par la réunion de deux calottes à rebord fixées au moyen de vis et de boulons. Par suite de la forte épaisseur de la grande base, l'œuf en tombant frappait toujours le sol par le côté le plus pesant. Celui-ci était muni de 25 cheminées armées d'autant de capsules.

La charge était de 135 gr. de fulminate de mercure, ce qui n'était guère pour d'aussi gros projectiles.

Quatre bombes furent lancées; trois éclatèrent, la quatrième fut retrouvée intacte. Il y eut neuf morts et cent cinquante-six blessés. L'empereur ne fut pas touché.

Les modes d'amorçage de ces bombes lancées peuvent être très variés ; il suffit de ménager un système de percussion quelconque par l'emploi de broches percutrices, de détentes, etc.

Comme ces bombes lancées ne doivent pas être lourdes et faciles à cacher sous les vêtements, on fait usage d'explosifs très puissants tel que le fulminate de mercure.

L'amorçage des bombes lancées peut encore se faire chimiquement.

Dans la masse explosive, on noie un tube scellé à la lampe et renfermant de l'acide sulfurique. Par le choc, le tube se brise.

Pour assurer mieux la casse du tube, on met dans celui-ci une balle de plomb.

Lors de l'attentat contre le roi d'Espagne et M. Loubet, en 1905, rue de Rohan, les anarchistes espagnols firent usage de boules de fonte en forme de pomme de pin, qui servent à l'ornementation des grilles de jardins, et chargées de 150 grammes de fulminate de mercure. Deux tubes en verre renfermant de l'acide sulfurique étaient suspendus à l'intérieur à l'aide d'un fil très fin passé dans le filetage de l'écrou.

La bombe lancée le 7 novembre 1893, au théâtre du Lycéo à Barcelone, était du type Orsini, de forme sphérique, chargée de dynamite ; elle était munie de 30 capsules au fulminate de mercure. Une bombe fut lancée des galeries supérieures ; elle tua 12 personnes et en blessa 29. La seconde tomba sur la tête d'une dame qui fut assommée, mais l'engin n'éclata pas.

Les engins criminels affectent souvent des formes qui n'inspirent aucune méfiance : boîtes de conserves, bidons à pétrole ou à peinture, cruches à eau, seaux, saçoches, valises, briques, blocs de plâtre, etc.

578. Grenades à main. — La guerre russo-japonaise a rappelé l'attention sur ces projectiles qui étaient autrefois très employés dans la guerre de siège. Les grenades étaient chargées de poudre noire, mais actuellement, on fait usage des explosifs modernes : coton-poudre, dynamite et mélinite ; les poudres aux perchlorates, genre cheddites, sont très avantageuses.

La *Revue du Génie militaire* a publié à ce sujet des renseignements intéressants :

« Dès le 13 mai, à la bataille de Tsinjou, les Japonais avaient des grenades à main qu'ils lançaient dans les tranchées. Ces grenades, tombant dans un groupe d'hommes compact, pouvaient en tuer jusqu'à dix à la fois.

» L'expérience en fut faite d'une façon malheureuse dans le camp russe : un officier, expliquant à ses hommes le fonctionnement d'un engin de ce genre, fut tué avec 9 de ses auditeurs par l'explosion de la bombe qu'il tenait à la main.

» Les bombes trouvées sur les prisonniers étaient à section rectangulaire et comprenaient un prisme de mélinite placé entre deux prismes de coton-poudre. Ces trois prismes étaient maintenus par une ficelle les enveloppant dans le sens de la longueur. Un des prismes de fulmicoton était amorcé par un cordon Bickford, de 10 à 15 centimètres de longueur, muni d'une amorce en fulminate de mercure. Le poids de l'engin allait jusqu'à 800 grammes. Les bombes étaient contenues dans un sac en toile porté sur la poitrine et suspendu au cou. Le cordeau sortait du sac. Le feu se mettait avec une mèche fixée au ceinturon.

» Ces bombes avaient un grave inconvénient : les matières explosives n'étaient protégées par aucune enveloppe.

» Pendant la marche, le frottement produisait des poussières qui imprégnaient les vêtements des soldats. Lorsqu'une bombe russe éclatait à proximité d'un Japonais, ses vêtements s'enflammaient et le feu se communiquait à ses voisins. Aux attaques des 6 et 7 septembre, sur la colline des 203 mètres, on voyait les soldats japonais courir avec leurs vêtements en feu. Après ces attaques, il fut constaté que tous les cadavres des Japonais tombés aux abords de la position étaient brûlés. Dans la suite, les Japonais eurent le soin d'envelopper les bombes avec du papier, et l'inconvénient en question ne se reproduisit plus. C'est au mois d'août que les Russes commencèrent à préparer des bombes à main. Il fut confectionné pendant la durée du siège de Port-Arthur environ 18,000 de ces projectiles.

» Les bombes russes étaient constituées de la façon suivante : L'enveloppe n'était autre que l'étui en laiton de la cartouche du

calibre de 47 mm., après qu'elle avait été tirée; elle contenait une charge de 600 à 1400 grammes, soit d'explosif Sampson, soit de Rack à rock. L'explosif était recouvert d'une couche protectrice de brai. Le feu se mettait par l'intermédiaire d'un cordeau Bickford de 12 centimètres de long, muni d'une amorce au fulminate de mercure.

» Les chasseurs portaient à la ceinture une mèche avec laquelle ils donnaient le feu au Bickford, puis aussitôt ils lançaient la bombe à une vingtaine de mètres.

» Ce système avait l'inconvénient d'être sensible à la pluie : le suivant fut également employé : l'extrémité du cordeau Bickford, coupé en biais, s'adaptait à une étoupille, également coupée en biais. L'homme tirait sur le rugueux, s'assurait que le Bickford fusait et lançait la bombe.

» Les Russes ont aussi utilisé comme bombe à main les obus des canons de débarquement de 80 mm. Le soldat débouchait l'évent de cinq ou six secondes, suivant la distance, frappait l'obus sur le sol, entendait se produire le bruit de la fusée en combustion et sans perdre de temps jetait le projectile dans les rangs japonais.

» Le général Kondratenko, commandant la défense du front de terre, attribuait une grande valeur aux bombes à main. Il passait fréquemment dans les laboratoires pour en activer la production. Suivant lui, Port-Arthur aurait succombé trois ou quatre mois plus tôt sans les bombes. Les soldats témoignaient aussi une grande confiance dans ces engins. Aussi lorsqu'une compagnie russe prenait le service dans une tranchée, les hommes demandaient immédiatement s'il y avait des bombes, et lorsque les Japonais arrivaient à proximité, les chasseurs quittaient leur fusil pour avoir les mouvements plus libres pour lancer les bombes. »

579. — Avant de détruire une bombe, il faut sauvegarder les intérêts de la justice et se rendre compte si possible du contenu de l'engin. Il peut donc être utile de rendre celui-ci inoffensif. Le moyen le plus simple, c'est l'immersion dans l'eau. Mais nous savons que l'eau peut provoquer l'inflammation de l'explosif; cependant ce mode d'amorçage est rare et assez compliqué; il est de plus à supposer que la matière explosive sera noyée avant que l'eau n'arrive à l'amorce.

Si l'explosif consiste en gomme explosive, gélatine gomme ou tonite, l'eau n'empêchera pas la détonation.

L'imprégnation au moyen de pétrole est inefficace puisqu'on ne fait qu'ajouter une substance combustible de plus, l'engin peut même devenir plus dangereux.

Dans les cas douteux, on peut faire usage de chloroforme; son action sur le potassium est nulle à condition de ne renfermer ni eau ni alcool. Le chloroforme commercial est très convenable. Il rend inerte la plupart des explosifs, ceux-ci ne s'enflamment plus et ne détonent plus par la capsule. Le chloroforme ne brûle pas, ne réagit pas avec l'acide sulfurique, le chlorate de potasse, les nitrates, etc.

580. Instruction relative à l'examen et à la destruction des matières ou engins explosifs saisis ou confisqués par les autorités judiciaires ou administratives [1].

CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES MATIÈRES OU ENGINS EXPLOSIFS.

1. On classe dans la présente instruction les matières ou engins explosifs sous les trois dénominations suivantes : les pétards, les bombes et les artifices.

2. On entend par *pétard* toute matière ou engin dont on peut facilement déterminer la composition et les moyens de mise de feu. Telles sont les cartouches de poudre noire, de dynamite, de pyroxyle ou de tout autre explosif du commerce courant, les cartouches de chasse ou de guerre, les fusées d'artificiers, les matières incendiaires, les boîtes, caisses, etc., dont les provenances et la nature sont constatées par des indications certaines.

3. On appelle *bombe* tout engin supposé contenir des matières explosives ou incendiaires dont on ne peut, sans prendre des précautions spéciales, déterminer la nature, ni les moyens de mise de feu. Il faut classer dans cette catégorie les projectiles d'artillerie anciens ou modernes de provenance suspecte, ainsi que les récipients métalliques ou autres qu'on ne peut, sans imprudence, ouvrir immédiatement (machines infernales).

[1] Cette instruction a été élaborée par une commission officielle belge.

4. Les bombes peuvent être de différentes espèces :

1° Les bombes à mise de feu au moyen de mèches diverses, munies ou non d'un détonateur ;

2° Les bombes à mise de feu mécanique ;

3° Les bombes à mise de feu chimique ;

4° Les bombes comportant une combinaison de ces derniers modes de mise de feu.

Toutes ces bombes peuvent être à temps, ou à effet instantané sous l'action d'un déplacement (soulèvement, renversement, etc.) ; il existe même des systèmes à temps et à déplacement combinés entre eux.

5. On entend par *artifices* les engins de mise de feu généralement connus ; tels sont les détonateurs, les fusées d'artillerie, les étoupilles diverses, les capsules, les mèches de sûreté, les amorces de tous genres, etc.

DÉCOUVERTE DE L'ENGIN.

Mesures à prendre par l'officier requis en attendant l'arrivée du parquet et de son expert chimiste.

6. Si aucune disposition n'a été prise avant son arrivée, l'officier requis ordonne immédiatement les mesures que les circonstances comportent en vue d'éviter tout accident de personne. Il s'enquiert, auprès de l'autorité qui se trouve sur les lieux, du moment de la découverte de l'engin et des premières constatations effectuées.

Il fait défendre de s'approcher de l'endroit où l'engin a été découvert. La zone dangereuse dépend du volume de l'engin ; en général, le public sera maintenu à une distance de 50 mètres, au minimum.

Si, à la suite d'un examen sommaire, l'officier présume qu'il est en présence d'un engin dangereux, il conseille de faire évacuer les maisons les plus proches.

Il est prudent de laisser s'écouler au moins deux heures après la découverte de l'engin, avant de s'en approcher. Si, au bout de ce temps, l'engin n'a pas éclaté, l'officier suivra les prescriptions indiquées ci-après.

Mesures à prendre à l'arrivée de l'expert du parquet.

7. L'officier fait, avec l'expert du parquet, la reconnaissance complète de l'engin. Ce n'est que dans le cas où il est requis d'agir sans l'aide d'un expert qu'il pourra procéder *seul*.

Les prescriptions suivantes sont recommandées :

1° Se servir, si possible, de jumelles pour la reconnaissance à distance ;

2° Si l'on dispose d'eau sous pression, diriger, de la plus grande distance possible, sur l'engin un jet pour tâcher d'en provoquer le renversement et, le cas échéant, l'explosion ;

3° Ne s'approcher de l'engin que sous la protection d'un bouclier (un matelas, par exemple) ;

4° Envelopper l'engin d'un nœud coulant et agir, sur la corde, en se tenant à l'abri, pour essayer de le soulever (de la fenêtre d'un étage, par exemple) ou tout au moins de le renverser.

Ces tentatives d'éclatement de la bombe sont de nature à donner à l'officier des indications sur le degré de danger que peut en offrir le transport ; toutefois il sera prudent d'attendre encore deux heures avant de tenter l'enlèvement.

Le transport d'une machine infernale étant toujours dangereux (voir paragraphe 14), quelles que soient les précautions prises, il sera toujours préférable d'en provoquer l'éclatement sur les lieux mêmes où elle aura été trouvée.

Deux cas sont donc à envisager :

a) Le transport de l'engin est jugé possible avant sa destruction ;

b) La destruction doit se faire sur place.

TRANSPORT.

Pétards.

8. Si les matières saisies ou trouvées consistent en cartouches ou munitions de commerce, et si l'on a la certitude que celles-ci ne sont pas amorcées ou qu'elles ne portent que leur amorçage normal, on les enlèvera et on les transportera avec les précautions usuelles.

Généralement, les pétards placés dans une intention criminelle sont amorcés au moyen d'une mèche pourvue ou non d'un détonateur. Étant donné qu'on aura laissé s'écouler deux heures depuis leur découverte, la mèche sera vraisemblablement consumée ou éteinte. Bien que, selon toutes probabilités, il n'existe pas d'autre moyen de mise de feu que cette mèche, on s'abstiendra de l'enlever.

On enveloppera le pétard d'un tissu empêchant, le cas échéant, le tamisage de la matière explosive; on utilisera, s'il y a lieu, pour son transport une civière ou tout autre récipient portatif tel que caisse, baril, panier, etc., dans lequel on l'assujettira au moyen d'une couronne de paille, d'un lit de papier, d'étoupe, de sciure de bois, etc.

Bombes.

9. Les dispositions à prendre pour le transport sont analogues aux précédentes, pour autant que l'on ait l'assurance formelle que l'opération est sans danger (voir paragraphe 14).

On aura soin de transporter l'engin en lui conservant la position dans laquelle il a été trouvé.

On utilisera pour l'enlèvement, si elle existe dans la localité, la voiture spécialement aménagée à cet effet.

Artifices.

10. Les artifices se transporteront comme les pétards.

DESTRUCTION.

Généralités.

11. On ne détruira un engin quelconque qu'après que l'expert du parquet aura relevé tous les indices de nature à éclairer la justice sur son origine, sa provenance et sa fabrication, et qu'une description aussi détaillée que possible aura été faite des enveloppes de l'engin et de leur contenu.

En général, il est dangereux d'ouvrir les engins supposés criminels. On ne procédera donc à cette opération que si l'on est certain de pouvoir le faire sans danger. Pour plus de sûreté, on pourra forer

prudemment quelques trous au moyen d'un outil de bronze ou de cuivre, et injecter, dans l'engin, du chloroforme vers l'emplacement supposé de l'amorce; l'eau serait d'un emploi dangereux si l'amorçage était constitué par du sodium, du potassium, des peroxydes alcalins, du carbure de calcium ou même de la chaux vive.

Il sera prudent de ne pratiquer ces manipulations qu'après le transport de l'engin en un endroit convenable.

12. Si les matières explosives sont jugées transportables, on procédera à leur destruction dans un endroit à désigner par l'autorité communale, sur un terrain aussi meuble que possible et suffisamment éloigné des habitations.

Si la destruction a lieu en terrain militaire, on opérera dans un polygone d'expériences; à défaut de polygone, l'emplacement sera désigné d'urgence par le Commandant du Génie.

Pétards.

13. On peut détruire les pétards par *immersion*, par *combustion* ou par *explosion*.

On détruira par *immersion* les matières explosives contenant des sels solubles dans l'eau, telles que les poudres noires, les poudres chloratées, les explosifs au nitrate d'ammoniaque ou de soude (Explosifs Favier et analogues), l'acide picrique, les picrates, etc., à la condition que ces sels solubles ne soient pas mélangés à de la nitroglycérine ou à du coton-poudre.

Si l'on n'a pas à craindre la pollution des eaux, l'immersion aura lieu en eau courante. Dans le cas contraire, on provoquera la dissolution des sels à grande eau, dans des cuvelles ou baquets, dont on épandra ensuite le contenu sur un champ non cultivé, avec l'autorisation du propriétaire.

On détruira par *combustion* les coton-poudres, les tonites et les dynamites *plastiques* (la combustion des dynamites gelées dégénère souvent en explosion).

Si les quantités sont *minimes*, la combustion s'opère en fractionnant l'explosif en menus morceaux que l'on projette un à un dans un feu ouvert, après s'être assuré qu'ils ne contiennent pas de détonateurs.

Si les quantités sont *importantes*, on débarrasse les cartouches de leurs enveloppes et on les aligne bout à bout sur le sol. On met ensuite le feu à l'une des extrémités de la file à l'aide d'une mèche, de façon que la flamme progresse dans une direction opposée à celle du vent. La combustion pouvant se changer en explosion, il est prudent de n'opérer que sur de faibles quantités à la fois (1 à 2 kg.), et de se retirer à une distance convenable en évitant de se placer sous le vent pour ne pas être incommodé par les gaz de la combustion.

On peut aussi détruire par déflagration tous les explosifs de la catégorie des poudres noires, nitratées ou chloratées, non comprimées. A cet effet, on dispose la poudre en une *mince* traînée, à l'un des bouts de laquelle on met le feu avec une mèche de sûreté.

La destruction se fera par *explosion* dans tous les cas non prévus ci-dessus; il en sera ainsi, notamment, si l'on a affaire à des dynamites gelées, à des dynamites ayant exsudé, ou encore à des dynamites ou à des cotons nitrés ayant subi un commencement de décomposition.

Pour éviter des dégâts aux immeubles voisins, on n'opérera que sur des quantités en rapport avec l'espace découvert dont on disposera.

Les cartouches seront réunies en un paquet ficelé, au centre duquel on aura placé une cartouche-amorce de tonite ou de dynamite. On en provoquera la détonation *soit à l'aide d'une mèche Bickford munie d'un détonateur ordinaire, soit à l'aide d'une amorce électrique.*

Nota. — Les pétards dont l'ouverture paraîtrait offrir le moindre danger seront considérés comme appartenant à la catégorie des bombes et détruits comme il est dit ci-dessous.

Bombes.

14. L'engin peut renfermer un mouvement d'horlogerie, disposé de manière à marcher un grand nombre d'heures avant l'explosion. Généralement, on percevra le tic-tac du mécanisme, à moins que, pour une cause quelconque, le mouvement se soit arrêté un peu avant l'instant marqué pour l'explosion; dans ce cas, celle-ci peut se produire à la moindre manipulation qui remettrait le mécanisme en marche.

Quant aux machines infernales amorcées chimiquement, rien ne fait prévoir non plus le moment de la détonation : par exemple, l'engin peut être percé, en son couvercle d'un trou dans lequel l'anarchiste aura glissé un tube contenant de l'acide sulfurique et fermé par un tampon d'ouate. Celui-ci se dissout lentement au contact de l'acide, de sorte que ce liquide ne joue son rôle qu'après un temps plus ou moins long qui dépend de la forme et du diamètre du tube, de la hauteur occupée par le tampon et de la compacité de ce dernier. Le fait d'essayer de retirer le tube émergeant d'une bombe présente toujours un grave danger, les choses ayant pu être disposées de façon que le tube se débouche lors de son extraction.

Il résulte de ce qui précède que, d'une manière générale, les bombes doivent être détruites sur place.

Examinons les deux cas prévus au paragraphe 7 : 1° la bombe doit être détruite sur place.

a) On essayera de produire l'explosion à coups de fusil, en se plaçant à une distance de 50 mètres au moins; le tireur s'abritera derrière un couvert capable d'arrêter les débris.

b) On déposera une cartouche-amorce de dynamite ou de tonite sur l'engin; on recouvrira celui-ci d'un matelas de matières capables d'arrêter les débris et d'amortir le choc (matelas de laine ou de crin, tapis de feutre, tapis de laine ou de toute autre matière difficilement inflammable); puis on mettra le feu électriquement. On n'emploiera la mèche amorcée qu'en l'absence de tout moyen électrique de mise de feu.

2° La bombe a pu être transportée dans un terrain vague.

On emploiera le moyen indiqué ci-dessus *(b)*, en plaçant la bombe dans une excavation du sol et en la recouvrant de terre.

Artifices.

15. Les artifices sont détruits, selon les cas, par l'un des moyens indiqués précédemment.

Si les quantités sont importantes, ils pourront être expédiés, par le Parquet, après l'autorisation préalable, à l'École de pyrotechnie ou à la compagnie de torpilleurs et d'artificiers du génie.

Personnel préposé à la destruction.

16. Dans chaque garnison, il est tenu, au bureau du commandant de la place et dans tous les bureaux de police, un tableau indiquant les noms et adresses des officiers d'artillerie et du génie ainsi que des experts du Parquet à désigner éventuellement pour le service spécial que comportent la reconnaissance, le maniement et la destruction des engins criminels ou des explosifs saisis.

Dans les villes ou centres industriels où il n'existe pas d'officiers d'artillerie ou du génie, la mission doit être confiée à des spécialistes également désignés à l'avance (officier des mines, par exemple).

Dans les localités dépourvues de spécialistes militaires ou civils officiellement désignés, les autorités auront recours, s'il y a lieu, aux spécialistes officiels du centre le plus proche.

Les officiers et fonctionnaires sont prévenus qu'ils figurent sur les listes dont il est question ci-dessus.

La réquisition pourra se faire :

1° Directement par le Parquet;

2° Par le commandant de la place à la requête du Parquet;

3° Par le commandant de la place ou même par un simple agent de la police locale en cas de danger public imminent, sauf pour le requérant à faire prévenir immédiatement le Parquet ou le commandant de la place, si le dit requérant appartient à la police locale. — Dans tous les cas, la réquisition de l'officier place celui-ci dans les conditions d'un expert judiciaire.

17. Des spécialistes militaires ou, à leur défaut, des ouvriers civils choisis de préférence parmi les mineurs, les artificiers, les pompiers, etc., sont mis, par les soins des autorités militaires, judiciaires ou administratives, à la disposition de l'officier, pour le transport des matières ainsi que pour leur destruction.

S'il est nécessaire, des gendarmes ou autres agents de la force publique peuvent également être mis à la disposition de l'officier.

18. Sa mission terminée, l'officier établit, conjointement avec l'expert civil s'il y a lieu, un rapport d'expertise à adresser au Parquet.

Matériel nécessaire aux destructions.

19. Il est déposé, chez les officiers et les experts judiciaires désignés pour la reconnaissance et la destruction éventuelle des engins explosifs, une valise ou une caisse contenant les objets et et artifices suivants :

Un petit appareil électro-magnétique pour la mise de feu;

Douze mètres de mèches Bickford double;

Une boîte de 12 détonateurs de 2 grammes;

Une paire de conducteurs isolés de 150 mètres de longueur;

Douze amorces électriques à fil de platine, et seize bouts de conducteurs de 2 mètres de longueur;

Douze cartouches de tonite avec logement pour l'amorce;

Un poinçon, une vrille et un tourne-vis en bronze;

Une pince à sertir;

Une pince d'artificier;

Une tenaille;

Un marteau à main;

Une corde de 50 mètres au moins de longueur;

Une boule de ficelle;

Six mètres de bande caoutchoutée pour isoler les ligatures.

Frais occasionnés.

20. L'officier régulièrement requis est assimilé à l'expert judiciaire.

21. Sa mission terminée, l'officier établit un mémoire des dépenses qu'il a faites; il y joint les quittances qu'il s'est fait délivrer et y mentionne le détail des allocations auquel il a droit (tarif criminel).

Ce mémoire est remis en temps utile au Parquet.

22. Les indemnités dues aux ouvriers militaires ou civils sont liquidées, pour le compte du Département de la Justice, par les soins des autorités qui les ont requis.

CHAPITRE III.

ÉTUDES SUR LES PROPRIÉTÉS DES MATIÈRES EXPLOSIVES.

581. Théorie de la détonation par M. Favier. — La théorie qui explique la détonation de la poudre par la combustion rapide de ses éléments a été étendue aux explosifs définis et on admet généralement aujourd'hui que l'explosion des composés nitrés comme la nitroglycérine, a pour cause une sorte de combustion interne.

Cette explication ne semble pas satisfaisante. S'il est indiscutable que les résultats ultimes de la détonation des explosifs nitrés sont les produits de l'oxydation des principes hydrocarbonés qu'ils renferment, il faut bien reconnaître cependant que cela n'explique pas plus la rapidité extrême du phénomène, que la cause des nouveaux groupements moléculaires qui prennent naissance à cette occasion. Enfin cette théorie n'est, en aucune façon, applicable aux explosifs qui, comme le chlorure d'azote, ne contiennent pas d'oxygène.

Les réactions chimiques qui s'effectuent sous nos yeux demandent toutes un temps plus ou moins long, et nous ne connaissons qu'un petit nombre de mélanges gazeux dont la combinaison se produise dans un temps aussi court que celui de la détonation des substances explosives; et encore faut-il que les molécules réagissantes soient dans des conditions d'énergie chimique particulières, qu'elles n'acquièrent que par l'intervention de la chaleur, de la lumière ou de l'électricité. C'est ainsi que le mélange d'oxygène et d'hydrogène (gaz tonnant), ne fait pas explosion à la température ordinaire, tandis qu'à 500° la combinaison se produit instantanément.

Nous savons, d'un autre côté, que tout système d'atomes qui constitue une molécule, perd par le fait de cette réunion une partie de sa force vive; cette perte a été compensée le plus généralement

par un dégagement équivalent de chaleur et il faudra, en conséquence, lorsqu'on voudra détruire la combinaison, rendre aux atomes, l'intégrité de leur force vive par une restitution correspondante d'énergie.

Les explosifs nitrés doivent leur naissance à une série de réactions chimiques qui amènent certains corps élémentaires, C, H, O à coexister les uns près des autres sans que leurs affinités les plus intenses soient satisfaites. La force vive perdue par leurs atomes est faible par suite, et la chaleur dégagée, qui en est la mesure, peu considérable; mais ces atomes n'en resteront pas moins en équilibre, tant qu'une cause extérieure ne viendra pas leur restituer la force vive qu'ils ont perdue, et leur communiquer l'énergie chimique nécessaire pour leur permettre de constituer rapidement de nouveaux groupements moléculaires qui dégageront des quantités de chaleur considérables, en rapport avec les affinités qui seront alors satisfaites.

Toutes les manifestations de l'énergie, chaleur, travail, électricité, peuvent déterminer la détonation des matières explosives. La chaleur, par exemple, en rendant aux atomes l'intégrité de leur force vive, détruira la combinaison primitive, et, en exaltant leur activité chimique, leur permettra de constituer rapidement des systèmes d'équilibre plus stables. Toutes les matières explosives, en effet, détonent sous l'influence d'une température suffisamment élevée, qui peut servir de mesure à leur stabilité.

La chaleur n'étant qu'un mouvement et la transformation équivalente du travail en chaleur n'étant que l'application à ce mouvement du théorème général des forces vives, on conçoit que l'on puisse produire par un choc violent la détonation des composés explosifs. C'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'on place des parcelles de ces corps sur une enclume et qu'on les frappe avec un marteau. On comprend facilement qu'une partie de la force vive qui anime le marteau et qui se traduit au moment du choc sur l'enclume, puisse communiquer à la matière explosive la quantité d'énergie nécessaire pour amener la détonation. Il est impossible actuellement de définir sous quelle forme se fait cette transforma-

tion, mais il est certain qui si l'on mesurait exactement la force vive du marteau et la chaleur produite par le choc, on trouverait en moins, en le comparant, la quantité d'énergie qui a déterminé la détonation.

L'action d'une capsule fulminante s'explique par des considérations analogues. La détonation initiale de la capsule exerce une pression considérable sur la matière explosive contenue dans le trou de mine, dont la paroi fait l'office d'enclume : même à l'air libre, son action est assez rapide pour que l'atmosphère environnante, n'ayant pas le temps de se mettre en mouvement, oppose une résistance comparable à celle d'une paroi fixe, suffisante par suite pour déterminer la transformation d'énergie qui amène la détonation de la matière explosive.

La théorie qui précède est générale et rend compte des phénomènes qui se produisent dans la détonation des composés nitrés, aussi bien que dans celle des composés qui, comme le chlorure d'azote, ne contiennent pas d'oxygène. La séparation des éléments de ces derniers corps se produira sous les mêmes influences que précédemment, mais la chaleur qui élèvera leur température ne sera pas la conséquence de nouveaux groupements moléculaires, les atomes mis en liberté n'ayant aucune tendance à en constituer; elle proviendra exclusivement de la restitution par ces éléments de la chaleur qui avait amené leur combinaison. L'abaissement de température qui se produit au moment de la formation des composés de cette nature ne prouve pas, comme on l'a dit, une absorption d'énergie chimique; elle provient simplement de ce que la chaleur, absorbée par leurs éléments pour prendre l'état qui leur permet de se combiner, dépasse la quantité de chaleur qui se dégage par le fait de cette combinaison [1]. En revenant à leur état primitif, les atomes réagissants restituent naturellement l'excès d'énergie qu'ils possédaient dans la combinaison.

Cette théorie donne la solution de certaines questions pour lesquelles on n'avait pas jusqu'ici d'explications satisfaisantes.

[1] Fabre et Silbermann, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIV.

Pourquoi, par exemple, le fulminate de mercure détone-t-il au contact d'une mèche Bickford en ignition, tandis que dans les mêmes circonstances la nitroglycérine brûle simplement, bien que la température de détonation de ces deux composés soit à peu près la même, 186° c. environ? Cela tient à ce que la chaleur spécifique de la nitroglycérine étant beaucoup plus considérable que celle du fulminate de mercure, il faudra une quantité absolue de chaleur notablement plus grande pour porter la première de ces substances à la température de réaction que pour la seconde.

On expliquera de même, par la chaleur spécifique considérable de l'eau, pourquoi il faut, ainsi que l'a reconnu Abel, une quantité de fulminate de mercure d'autant plus considérable, pour amener la détonation du coton-poudre, que la proportion d'eau contenue dans cet explosif est plus grande.

En résumé, il y a deux phases successives dans la détonation des explosifs nitrés. La première qui détermine, *par l'action d'une énergie extérieure*, la dissociation de leurs éléments, et la seconde pendant laquelle ces mêmes éléments, obéissant à leurs affinités les plus intenses, constituent de nouveaux arrangements et dégagent des quantités considérables de chaleur. Il faut, en conséquence, établir une distinction bien tranchée entre l'énergie qui sert à déterminer la réaction explosive et celle que cette explosion produit : la première a disposé les conditions d'exercice du phénomène, et la seconde est la transformation en force vive de la partie de l'énergie potentielle ou cinétique des atomes mise en liberté par suite de leur changement d'état.

Dans tout ce qui précède, on a admis la théorie thermique de l'affinité. On sait qu'elle est actuellement attaquée très vivement et l'on se demande même s'il y a intérêt à conserver l'hypothèse d'une attraction entre les atomes; mais que l'énergie qu'ils possèdent soit en partie cinétique et en partie potentielle, ce qui correspond à cette conception, ou bien entièrement cinétique, comme on est plus porté à le penser aujourd'hui, cela ne change rien aux raisonnements précédents, qui ne reposent en réalité que sur la base de la chimie dynamique, le principe de la conservation de l'énergie.

582. Détonations d'ordres différents des substances explosives. — MM. Roux et Sarrau ont fait des observations très intéressantes sur les détonations d'ordres différents dont sont susceptibles la plupart des matières explosives (Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de France, t. LXXIX, p. 757).

La dynamite enflammée par une violente percussion, telle que celle provoquée par le fulminate de mercure, fait explosion à l'air libre et produit, si elle est confinée, 10 fois plus d'effet que la poudre ordinaire.

Enflammée par tout autre moyen, sans percussion, elle peut encore faire explosion, mais cette explosion est d'une nature toute différente. Au lieu d'une *explosion de premier ordre ou détonation*, ce n'est plus qu'une *explosion de second ordre*, dont l'effet est tel que 1 de nitroglycérine correspond à 2 de poudre ordinaire.

Ces résultats ont été obtenus en recherchant les charges de rupture avec lesquelles on produit l'éclatement de bombes d'épreuves en fonte, présentant sensiblement la même résistance.

La charge de rupture pour la poudre de chasse était de 16 gr. Pour la dynamite n° 2 de Vonges, contenant 50 % de nitroglycérine, quand on la fait détoner par le fulminate, la charge de rupture est de 3 gr. 50; comme elle contient 1 gr. 75 de nitroglycérine, le rapport des charges est 16 : 1,75 = 9.

Si, au lieu d'amorce fulminante, on met un gramme de poudre, on a chargé jusqu'à la dose de 16 grammes de dynamite avant d'obtenir l'éclatement de la bombe. La dynamite a donc produit sous le même poids un effet identique à celui de la poudre noire. La dynamite renfermant 50 % de nitroglycérine, on peut dire que 1 de nitroglycérine équivaut à 2 de poudre.

Des expériences variées confirment ces résultats; on peut affirmer en pratique :

1° Que la dynamite enflammée accidentellement et se trouvant, par exemple, dans un incendie, ne détone pas (explosion du premier ordre).

2° Elle pourra produire une explosion du deuxième ordre, comme celle de la poudre noire.

3° Le maximum d'intensité de cette explosion, maximum qui se produit quand les parois sont résistantes, sera tel que 1 de nitroglycérine équivaut à 2 de poudre noire.

C'est par une percussion suffisante qu'on obtient la détonation; ainsi, la charge de dynamite allumée avec la capsule au fulminate donne la rupture avec 4 grammes, à condition qu'elle se trouve maintenue dans un cornet de papier autour de l'amorce. Si la dynamite est répandue dans la bombe, tout en ayant soin que l'amorce touche la matière, on peut élever la charge jusque 12 grammes sans amener la rupture. Dans le premier cas, il y a eu détonation, dans le second, la dynamite a fui sous le choc et ne s'est enflammée que par le contact des gaz comburés; il y a explosion du deuxième ordre.

Le fait de ces deux ordres d'explosions permet de comprendre comment des matières contenant une même proportion de nitroglycérine peuvent avoir des forces très inégales pour amener la rupture.

Cette propriété remarquable de la dynamite appartient à la plupart des substances explosives. La nitroglycérine, le coton-poudre, l'acide picrique, etc., détonent par le fulminate de mercure; enflammés de tout autre façon, ils donnent l'explosion de deuxième ordre.

Voici un tableau résumant les observations faites :

	Force explosive.		Poids	Chaleur dégagée.	
	2e ordre.	1er ordre.	des gaz.	1er ordre.	2e ordre.
Fulminate de mercure .	"	9,28	"	"	752
Poudre à fusil B . . .	1,00	4,34	0,414	731	732
Nitroglycérine . . .	4,80	10,13	0,800	1720	1777
Coton-poudre	3,00	6,46	0,850	1056	1060
Acide picrique . . .	2,04	5,50	0,892	828	868
Picrate de potassium .	1,82	5,31	0,740	787	852
" de baryum . .	1,71	5,50	0;719	671	705
" de strontium .	1,35	4,51	0,624	637	745
" de plomb. . .	1,55	4,94	0,668	555	663

(La poudre à fusil B faisant explosion a été prise comme unité de force.)

La poudre à tirer en grains ou en poussier ne détone pas par le fulminate, mais en employant de la nitroglycérine comme détonateur auxiliaire excité lui-même par le fulminate, on obtient la détonation de la poudre très différente de l'explosion simple, qui paraît se produire dans toutes les conditions où cette substance a été utilisée jusqu'ici.

On voit que c'est la poudre noire qui gagne le plus à être excitée par une contagion explosive spéciale.

La poudre, servant d'absorbant à la nitroglycérine dans une dynamite à base active, détone lorsque la dynamite est amorcée à la capsule.

La connaissance de ces faits permet de supprimer les puissants récipients que l'on employait autrefois pour développer la force explosive d'une matière. La poudre ordinaire ne fait explosion d'une manière complète qu'à la condition d'être enfermée dans des parois résistantes, lorsqu'on la tire de la manière ordinaire sous l'eau; lorsqu'elle est enfermée dans un vase de verre, le récipient éclate au premier moment de l'inflammation de la charge et une grande partie de la poudre se disperse dans l'eau; si l'on emploie au contraire une fusée détonante, la poudre fait complètement explosion et l'effet destructeur est pour le moins aussi grand que celui de la charge tirée dans un vase résistant par la méthode ordinaire.

Comme le fait observer M. Sarrau, la décomposition d'un explosif n'a pas lieu suivant une seule réaction caractéristique; une cause importante de variation résulte de la pression sous laquelle les produits se trouvent placés pendant la réaction.

La dynamite, le coton-poudre, l'azotate Am, en général, les explosifs azotés purs ou mélangés, fusent lentement à l'air libre, suivant un mode de décomposition caractérisé par un dégagement abondant de bioxyde d'azote. Les mêmes matières, enflammées dans une capacité close et résistante, se décomposent rapidement sans trace de bioxyde d'azote.

Il importe, d'ailleurs, de remarquer que ce second mode, le seul qui soit véritablement explosif, se substitue fréquemment au premier dès que quelque circonstance extérieure, venant à gêner le dégagement des gaz, accroît la pression. Ainsi s'expliquent les accidents

survenus en brûlant des cartouches de dynamite à l'air libre ou en cherchant à réaliser, dans des tubes, la combustion fusante de matières, telles que le picrate d'ammonium.

La réaction, provoquée par les détonateurs, dont l'amorce au fulminate de mercure est le type usuel, ne diffère pas de celle qui se produit par inflammation en vase clos, sous de fortes pressions.

Ce qui caractérise alors le phénomène, c'est la rapidité avec laquelle la décomposition se propage sous l'influence du détonateur; cette rapidité est telle que la masse tout entière tend à se décomposer dans un volume peu différent de son volume initial et c'est ainsi que naissent des pressions énormes, même à l'air libre ou sous bourrage léger.

Par suite des défectuosités de l'amorce ou de l'amorçage, une charge peut s'enflammer et fuser lentement au lieu de détoner; il y a alors *un raté de détonation* et l'explosif se décompose suivant le mode caractéristique des faibles pressions, avec dégagement de bioxyde d'azote.

583. — M. Berthelot *(Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie*, t. I, p. 89), explique la diversité des modes d'explosion par les théories thermodynamiques permettant d'en rendre compte, par une analyse convenable des phénomènes du choc. La variété des phénomènes explosifs dépend de la vitesse avec laquelle la réaction se propage et des tensions plus ou moins intenses qui en résultent.

Lorsqu'un poids tombe d'une certaine hauteur sur une matière explosive, on ne peut admettre que son arrêt brusque puisse produire assez de chaleur pour porter *toute* la masse de l'explosif à la température nécessaire à son explosion; on peut accepter, au contraire, que les pressions qui résultent du choc exercé *à la surface* de la matière explosive choquée, sont trop soudaines pour se répartir uniformément dans toute la masse et que, par suite, la transformation de la force vive en chaleur a lieu surtout dans les premières couches atteintes par le choc. Si celui-ci est assez violent, ces couches peuvent être portées subitement vers 200° et elles se décomposent aussitôt en donnant une grande quantité de gaz. La production des

gaz est à son tour si brusque que le corps choquant n'a pas le temps de se déplacer et que la détente soudaine des gaz produit un nouveau choc, plus violent sans doute que le premier, sur les couches situées en dessous. La force vive de ce nouveau choc se change en chaleur dans les couches qu'il atteint d'abord. Elle en détermine l'explosion, et cette alternative entre un choc développant une force vive qui se change en chaleur, et une production de chaleur qui élève la température des couches échauffées jusqu'au degré d'une explosion nouvelle capable de produire un choc, cette alternative transmet la réaction de couche en couche dans la masse tout entière. La propagation de la déflagration a lieu en vertu de phénomènes comparables à ceux qui donnent naissance à l'onde sonore.

Il se forme une *onde explosive* qui chemine avec une vitesse infiniment plus grande que celle d'une simple inflammation provoquée par un corps en ignition et opérée dans des conditions où les gaz se détendent librement au fur et à mesure de leur production.

La réaction provoquée par le premier choc se propage avec une vitesse qui dépend de l'intensité du premier choc; la force vive de celui-ci transformée en chaleur détermine l'intensité de la première explosion et par suite celle de la série entière des efforts consécutifs. Or l'intensité du premier choc varie beaucoup avec la manière de le produire.

Il résulte de là que l'explosion d'une masse solide ou liquide peut se développer suivant une infinité de lois différentes dont chacune est déterminée, toutes choses égales d'ailleurs, par l'impulsion originelle. Plus le choc initial sera violent, plus la décomposition qu'il provoque sera brusque et plus les pressions exercées pendant le cours entier de cette décomposition seront considérables. Une seule et même substance pourra ainsi donner lieu aux effets les plus divers, suivant le procédé de mise de feu.

Les amorces ont donc une grande importance; elles règlent par leur nature le caractère même du choc initial et par suite le caractère de l'explosion tout entière. Le fulminate de mercure est le plus puissant détonateur à cause de la brusquerie de sa décomposition, jointe à la grandeur extraordinaire de la pression qu'il développe en détonant dans son propre volume.

Les amorces les meilleures ne sont pas cependant celles dont la décomposition est la plus brusque; il faut encore tenir compte de la grandeur du travail qu'elles peuvent développer; ainsi le chlorure d'azote, bien plus brusque que le fulminate, ne peut faire détoner le coton-poudre, et cela à cause du peu de chaleur qu'il développe et par conséquent de travail.

En fait, les matières explosives peuvent éprouver une grande variété de modes d'explosion que M. Berthelot renferme entre deux limites extrêmes : 1° la détonation de la matière explosive dans son propre volume atteignant le maximum de température et de pression, et par conséquent le maximum de vitesse que comporte la réaction chimique dans ces conditions; 2° la combustion progressive, se transmettant de proche en proche, dans des conditions où le refroidissement abaisse la température au degré le plus bas qui soit compatible avec la continuation de la réaction. On conçoit qu'entre ces deux limites il puisse se produire, suivant les circonstances, tous les modes intermédiaires de propagation de la réaction, la combustion tendant à se transformer plus ou moins vite en détonation.

Parmi les décompositions multiples d'une même substance, celles qui développent le plus de chaleur sont celles qui engendrent aussi les effets explosifs les plus violents, toutes choses égales d'ailleurs.

Explosions par influence.

584. — On sait qu'une matière explosive détonant dans le voisinage d'une autre matière explosive peut provoquer la détonation de celle-ci, sans qu'il y ait eu transmission de flamme de l'une à l'autre. Il n'est pas nécessaire de placer des cartouches de coton-poudre ou de dynamite en contact les unes avec les autres pour que l'éclatement de l'une d'elles assure la détonation générale; on peut les séparer d'une certaine quantité, et faire ce qu'on appelle des charges allongées. Nous avons examiné ce point précédemment (n° **317**).

M. Berthelot explique ce curieux phénomène par l'hypothèse de l'existence de l'onde explosive de la manière suivante :

Si la matière chimiquement inactive qui transmet le mouvement

explosif est fixée dans une situation déterminée, à la surface du sol, ou bien à la surface du rail sur lequel la première cartouche a été posée, ou bien encore maintenue par la pression d'une masse d'eau profonde, au sein de laquelle on produit la première détonation, la propagation du mouvement dans cette matière ne saurait guère avoir lieu que sous la forme d'une onde d'ordre purement physique, onde dont le caractère est essentiellement différent de la première onde qui a présidé à l'explosion, celle-ci étant d'ordre chimique et physique à la fois, et développée dans le corps explosif lui-même. Tandis que la première onde, d'ordre chimique, se propage avec une intensité constante, la deuxième onde, d'ordre physique, transmet l'ébranlement, à partir du centre explosif, et tout autour de lui, avec une intensité qui décroît en raison inverse du carré de la distance. Au voisinage même du centre, les déplacements des molécules peuvent rompre la cohésion de la masse et la disperser ou la broyer, en agrandissant la chambre d'explosion, si l'on opère dans une cavité. Mais à une distance fort courte et dont la grandeur dépend de l'élasticité du milieu ambiant, ces mouvements, confus à l'origine, se régularisent pour donner naissance à l'onde proprement dite, caractérisée par des compressions et des déformations subites de la matière. L'amplitude de ces oscillations ondulatoires dépend de la grandeur de l'impulsion initiale. Elles cheminent avec une vitesse extrême, tout en diminuant sans cesse d'intensité, et elles conservent leur régularité jusqu'aux points où le milieu est interrompu. Là ces compressions et déformations subites changent de nature et se transforment en un mouvement d'impulsion, c'est-à-dire qu'elles reproduisent le choc. Si elles agissent alors sur une nouvelle cartouche, elles peuvent en déterminer l'explosion. Ce choc sera d'ailleurs atténué avec la distance, en raison du décroissement que celle-ci apporte dans l'intensité. Par suite, les caractères de l'explosion pourront être modifiés. Les effets diminueront ainsi jusqu'à une certaine distance de l'origine, distance au delà de laquelle l'explosion cessera de se produire.

585. Distances auxquelles se font les explosions par influence. — M. Paul Chalon *(Les Explosifs modernes)* relate

des expériences faites par M. le capitaine Pamart avec de la dynamite à 55 %. Deux charges de même poids sont renfermées dans des boîtes en zinc. Avec des charges de 1 kg. la distance des boîtes doit être de 0^m90 pour que l'explosion de l'une entraîne celle de l'autre. Avec le cas particulier en question, les distances auxquelles se font les explosions par influence sont données par la formule : D = 0,90 P, jusqu'à la distance de 4^m50 avec des charges de 5 kg.

En prenant des charges de 5 kg. pour la charge mise en feu et en faisant varier la charge influencée, on remarque que tandis qu'il faut une distance maximum de 4^m50 pour produire l'explosion d'une charge de 5 kil., elle se réduit à 2^m50 pour une charge de 1 kg. Si l'on remplit de terre la boîte contenant la charge de 1 kg. influencée, l'explosion se produit encore à 4^m50.

Si l'on met les charges à l'air libre, les distances diminuent. Pour des charges de 1 kg., la distance n'est plus que de 0^m50.

La nature de la boîte influencée a aussi son importance : si elle est en bois, la distance est le tiers de celle nécessaire pour influencer une boîte en zinc.

M. Chalon cite aussi des expériences faites par le général Newton avec des charges noyées.

Les pressions sont calculées d'après la formule :

$$P = \sqrt[3]{\left(\frac{6636\,(S + 186)C}{(D + 0{,}01)^{2.1}}\right)}$$

pour la dynamite n° 1 (à 75 %).

C poids de la charge submergée.

S submersion en pieds.

D distance aux manomètres écraseurs.

P pression moyenne des 6 écraseurs par pouce carré.

Une charge de 100 livres de dynamite n° 1, fut placée à 50 pieds de distance horizontale d'une torpille modèle 1872 en fer d'un huitième de pouce d'épaisseur, chargée de 100 livres du même explosif. La torpille fut plissée et ne fit pas explosion.

Une torpille chargée de 200 livres fit faire explosion à une autre

torpille de 200 livres placée à 80 pieds de distance et à une profondeur de 19 pieds.

Les distances auxquelles les explosions par influence se font sont fonction de plusieurs variables : nature de l'explosif, valeur de la charge, nature des enveloppes, du milieu interposé (air, eau, corps solides), de façon que les formules faites par des expérimentateurs ne sont applicables qu'aux conditions spéciales dans lesquelles ils se sont placés, et aucune formule générale n'existe à laquelle on puisse se fier.

Le capitaine Coville donne la formule : $D = 3C$ ou $7C$ pour des charges de dynamite à 75 % placés sur le sol ou sur un rail.

Pour le coton-poudre comprimé sec, M. le colonel Tournay donne la formule : $d = K\sqrt{C}$.

d en mètre (distance maximum).

C en kg.

$K = 0{,}30$ à l'air libre, les charges sur le sol.

$K = 1{,}20$ à $1{,}50$ pour les charges suspendues dans l'eau à 2 ou 3 m. de profondeur dans des récipients en tôle mince.

Pour les dynamites dont les compositions sont extrêmement variables, il n'existe aucune formule générale dans laquelle on puisse avoir confiance.

Effets des explosions à distance.

586. — Les explosions accidentelles de grandes quantités de matières explosives, produisent la destruction totale ou partielle de tous les objets avoisinants jusqu'à une distance considérable.

En supposant un explosif suspendu dans un milieu homogène et élastique, l'expansion subite des gaz refoule le fluide dans tous les sens et d'une façon égale suivant les rayons d'une sphère. Les gaz engendrés par la décomposition de l'explosif vont ainsi comprimer les couches successives du fluide ambiant et avoir une tendance à le rejeter au dehors; mais bientôt les gaz portés à une haute température se refroidissent et se condensent, la sphère d'explosion se contracte vers le centre et dans le vide produit, le milieu ambiant se précipite aussitôt.

L'explosion produit donc successivement une onde condensée et une onde dilatée qui se transmettent ensuite de couche en couche d'une façon analogue à celles du son, et portent les ravages au loin.

Ainsi, en supposant que l'on mette en œuvre un kilogrammme de nitroglycérine. Il occupe un volume de 623 cc. Le volume des gaz produit à 0° sous 760 mm. est égal à 713000 cc. qui devient à la température de l'explosion (3000° environ) 8556000 cc. La sphère de dilatation équivaut donc à un volume 13689 fois celui de la sphère primitive. La contraction va suivre sur un volume de 713000 cc.

L'effet sera donc celui d'un rapide coup de piston en va-et-vient qui amène la naissance d'un phénomène ondulatoire qui explique la nature des ruptures singulières d'obstacles que l'on remarque au loin. Tantôt on constate que des carreaux de vitre, des pièces de bois sont projetés vers l'endroit où l'explosion a eu lieu et tantôt en sens contraire; d'où la notion d'un choc en dehors et d'un choc en retour.

Cependant il faut tenir compte de ce fait que les gaz de l'explosion sont portés à une haute température et que, par conséquent, ils ont une tendance à être refoulés vers la verticale ascendante.

Si l'on combine les phénomènes ondulatoires avec ceux de l'écoulement des gaz chauds, il est certain que les effets de l'explosion seront un maximum dans la verticale ascendante, un minimum dans la verticale descendante et de valeur moyenne dans le sens horizontal.

Il tombe sous le sens que c'est dans la sphère de dilatation des gaz chauds que les ravages seront les plus considérables. Cet ouragan gazeux brusquement déchaîné rase tout sur son passage par le double effet de dilatation et de contraction. Plus loin l'onde produit des effets moins accentués.

C'est ainsi qu'on explique que dans le voisinage d'une explosion des bouteilles se débouchent, que les portes s'ouvrent par excès de pression intérieure, que des cadavres sont déshabillés, etc., etc.

Si l'explosion, comme c'est le cas général, a lieu sur le sol, celui-ci transmet au loin des vibrations qui peuvent produire les effets d'un tremblement de terre.

En résumé, les phénomènes qui se produisent lors des explosions sont de deux ordres bien distincts : près du centre explosif un déplacement brusque de va-et-vient de l'air ambiant, plus loin un mouvement vibratoire sans déplacement de la masse ambiante.

Expériences au champ de tir de Cummersdorff (Allemagne). — Elles eurent pour objet l'évaluation :

1° De l'énergie absorbée par certains corps placés à différentes distances du centre d'explosion;

2° De la vitesse de propagation des effets de l'explosion;

3° Du laps de temps nécessaire pour que le choc de la détonation soit perçu à différentes distances du centre d'explosion.

Les charges explosives atteignirent jusque 1500 kg. de dynamite-gomme. On constata que l'énergie propagée par les couches d'air est relativement peu dangereuse pour les régions environnantes; de plus, on eut la preuve que cette énergie, bien que considérable dans le voisinage immédiat de l'explosion, décroît rapidement au fur et à mesure que la distance augmente et que, déjà à 200 mètres, elle peut être considérée en pratique comme nulle.

La vitesse de transmission, obtenue par des appareils enregistreurs, s'est élevée jusqu'à 800 mètres dans le voisinage du lieu d'explosion; cette vitesse décroît rapidement et se rapproche de la vitesse de propagation du son normal quand la distance augmente.

On remarqua aussi que les débris des carreaux les plus rapprochés du centre de l'explosion avaient été projetés, pour la plupart, loin de ce centre d'explosion. Dans la direction opposée, on ne trouvait que peu de débris. Dans les zones plus éloignées, les morceaux (des mêmes carreaux) étaient projetés dans les deux directions en proportions sensiblement égales.

Plus les panneaux vitrés étaient éloignés du centre de l'explosion et plus était forte la proportion des morceaux tombés vers l'intérieur. Pour les panneaux les plus éloignés, on ne trouva plus que des débris projetés dans cette direction.

Cette répartition anormale de débris de verre montrait que deux sortes de forces étaient entrées en jeu sur un même point, les unes dirigées positivement, qui projetaient les corps loin du centre

d'explosion, les autres, dirigées en sens inverse, qui projetaient les corps vers le centre d'explosion. Cette conclusion concorde, d'ailleurs, avec un grand nombre d'observations faites au cours d'explosions accidentelles.

En effet, dans tous les rapports d'explosions accidentelles, on peut observer, à côté des effets directs, c'est-à-dire des effets projetant les débris des objets loin du centre d'explosion, des effets indirects qui projettent les débris vers l'intérieur, comme sous l'action d'une aspiration venant du centre d'explosion. Ces effets indirects ont été constatés particulièrement aux grandes distances : ils se sont manifestés par des arrachements de tuiles des toits, des débris de carreaux de fenêtres, etc.

Tous les résultats acquis conduisent à supposer que les phénomènes atmosphériques, engendrés par l'explosion, sont dûs à des mouvements d'ondes, comparables aux mouvements des ondes sonores. Les condensations qui ont lieu ne sont pas cependant infiniment petites comme dans le cas du son normal. Les mesures ont montré qu'elles avaient, au contraire, une grandeur finie.

Se basant sur les observations faites et sur la théorie édifiée par le professeur Riemann de Gottingen, au sujet de la propagation d'ondes atmosphériques planes, de grandeur finie, le professeur Wolff a donné la théorie suivante :

La détonation d'un explosif, même à l'air libre, est toujours accompagnée, au centre d'explosion, d'une très forte pression qui s'élève à plusieurs milliers d'atmosphères par suite de la production presque instantanée d'une grande quantité de gaz. Le mouvement des ondes prend son origine dans cette brusque rupture de l'équilibre atmosphérique. Par suite de la production des gaz de l'explosion, une condensation d'air considérable se produit à leur surface, immédiatement suivie d'une raréfaction de l'air. Cette condensation et cette raréfaction se propagent d'après les lois qui régissent les mouvements d'ondes longitudinaux.

Les gaz mêmes de l'explosion ne sont projetés qu'à une faible distance du foyer de l'explosion. Par contre, la condensation et la raréfaction atmosphériques se propagent de couche en couche avec une grande rapidité.

L'espace ébranlé — l'onde explosive aérienne — se divise donc en deux courants distincts animés de mouvements de sens contraire. Par suite, à ces ondes sont liées deux forces agissant dans des directions opposées, comme cela était à supposer d'après la répartition des débris des panneaux vitrés.

La forme de l'onde se transforme au cours du mouvement : la partie antérieure se raidit progressivement, en même temps que les effets, dirigés positivement, deviennent moins importants.

Pendant ce temps, la partie postérieure de l'onde s'aplanit de plus en plus, pendant que les effets de la force négative augmentent; enfin, à une certaine distance, les effets indirects seuls se font encore sentir. Cette dernière phase correspond, dans les expériences, à la zone où tous les débris de verre étaient projetés vers le magasin.

Il n'y a pas de courant atmosphérique dirigé du centre d'explosion vers les points plus éloignés et vice-versa (confér. du major Muller).

Nous signalons plus loin quelques relations de grandes explosions accidentelles et qui ont donné lieu à de curieuses constatations.

587. Explosion du Schuerpoll (Keeken). — *Extraits d'un rapport fait par les ingénieurs et les représentants des Fabriques de Dynamite réunies sur l'épouvantable explosion qui eut lieu à Grithausen, près de Clèves, le 19 mars 1895 :*

Du 23 au 26 janvier de cette année, il a été chargé à Porz-sur-Rhin 3044 caisses de dynamite à la guhr, et 4900 caisses de gomme à 20 kg. net qui provenaient des fabriques Deutsch-Actien Gesellschaft à Wahn, de la Dynamit Actien Gesellschaft à Schlebusch, de la Sprengstoff Actien Gesellschafft Carbonit à Schlebusch et de la Reinische Dynamit fabrik à Opladen. Elles étaient destinées à l'exécution d'une commande importante du gouvernement westphalien et devaient être chargées à Rotterdam sur le vapeur *Chemnitz*, en destination de Port-Élisabeth. C'est la Rheinische Dynamit fabrik Opladen qui était chargée, pour les fabriques réunies, de l'expédition. Pour se conformer aux prescriptions hollandaises, tout l'envoi ne pouvait être chargé sur un seul bateau pour être transporté du port de chargement à la mer; à la frontière hollandaise, à Lobith, on a dû faire un transbordement

sur sept petits bateaux, un bateau ne pouvant porter, conformément aux prescriptions hollandaises, que 30.000 kg. net d'explosifs. Cette prescription existe depuis le commencement des transports de dynamite, c'est-à-dire depuis 25 ans. Quoiqu'il n'y ait aucun doute qu'avec chaque bateau ajouté à un train de remorquage les dangers de collision augmentent et que de grands bateaux parfaitement aménagés naviguent avec plus de sûreté que de petits bateaux en bois ou des voiliers en fer qui, depuis 25 ans, font le transport des dynamites, il a été impossible d'amener le gouvernement hollandais à modifier son règlement.

Le transbordement sur les sept allèges du Rhin, dont une n'a été chargée que de 44 caisses destinées à la Hollande (laquelle allège, pour cette raison, était déjà expédiée au moment de la catastrophe), a été terminé le 29 janvier, à un moment où il n'était pas encore question d'un danger par les glaçons venant du haut. Le permis de traversée avait été obtenu pour le 30 janvier.

Malheureusement, il n'a plus été possible de partir le même jour: une demande en ce sens a été refusée par le gouvernement hollandais et la date de la traversée fut maintenue au 30 janvier. Ce jour-là les premiers glaçons se sont montrés et alors le gouvernement hollandais a fait usage de son droit d'interdire le passage.

Il ne restait aux Fabriques de Dynamite réunies qu'à faire remorquer provisoirement les allèges dans le vieux Rhin, près Keeken, pour y attendre la fin des gelées. Il a été impossible de laisser les bateaux attendre en cet endroit la débâcle des glaces et la proposition de mettre le chargement en un point sûr dans le canal de Spoej sur un navire en fer fut repoussée à cause de la proximité des localités. Lorsque, plus tard, on se montrait disposé à accepter cette proposition, un abaissement subit de température à 10-15° en dessous de 0° en rendit l'exécution impossible.

Le danger d'une débâcle rendait nécessaire la mise à terre de la dynamite et, après examen minutieux, on a fait droit à la prescription des autorités d'emmagasiner la dynamite sur le Schürpoll, dans la commune de Grithausen, en un point reconnu hors d'atteinte des grandes eaux. Là on a exigé un chantier en bois dans lequel on a

conduit la dynamite par chariots à partir du 15 février. Le 17 février, par une très forte gelée, ce travail, qui n'a pas été sans difficulté, a été terminé sous la surveillance des autorités. Le sol était fortement gelé; il n'y avait presque pas de chemin, les voitures avaient par conséquent pas mal de difficultés à atteindre leur but. Chaque transport demandait environ trois quarts d'heure.

La dynamite a été abritée par des bâches (Persennings) imperméables contre la pluie et les influences atmosphériques, et la marchandise a été confiée à la gendarmerie et à des gardiens civils qui formaient une double garde.

La marchandise resta sous cette garde pendant un mois jusqu'à ce que le danger d'une débâcle, aggravé par de fortes crues, eut disparu. A ce moment les allèges vides, qui étaient restées à l'ancre près de Keeken, dans le vieux Rhin, furent amenées au Schürpoll et apprêtées pour le chargement. L'ordre pour cet embarquement, ainsi que les instructions pour ce dernier, furent donnés par le gouvernement local de Clèves. Le 18 mars, on ordonna à la Rheinische Dynamit fabrik d'Opladen de recharger la dynamite sur les bateaux. Elle envoya 9 ouvriers de Porz, qui, depuis environ 25 ans, gagnent leur vie à Porz avec le chargement et le déchargement des poudres et dynamites, et que pour cela on jugeait plus aptes à entreprendre également ce travail sous la surveillance de l'expéditeur. M. Machut, investi depuis nombre d'années à Opladen de ces fonctions, fit charger à tour de rôle les allèges. Les bateliers qui devaient conduire la dynamite au lieu d'embarquement belge, près Lillo, étaient presque tous d'anciens transporteurs de dynamite et étaient initiés, aussi bien que l'équipe de Porz, au maniement des explosifs par suite de nombreux chargements et déchargements faits depuis des années à Porz. Le prix donné aux chargeurs de Porz pour leur travail a été fixé, il y a environ 20 ans, à 7 pfennigs par quintal (50 kg.) dont 3 pfennigs pour la commune et 4 pfennigs pour les ouvriers. Ce prix a été fixé par la commune de Porz et n'a jamais été changé. Dans ce cas exceptionnel où pour la première fois les chargeurs de Porz devaient travailler au dehors, on avait informé le chef d'équipe que lui et ses ouvriers seraient

rémunérés selon le travail à faire et les frais qui leur seraient occasionnés et qu'on ne pouvait à priori évaluer, et cela sans arrêter un accord ou salaire.

L'équipe de Porz attaqua la besogne de la même façon qu'on le faisait depuis 25 ans sans accident; elle a amené ses brouettes sur lesquelles elle était habituée de charger 7 caisses. La communication entre la terre et les allèges à charger a été établie par une paire de madriers supportés par des chevalets, et lorsque les caisses étaient amenées à bord, elles ont été descendues dans le bateau au moyen d'une glissière. Cette dernière était formée de deux planches allant du bord de l'écoutille au fond du plan incliné. Les bateliers et les chargeurs étaient habitués à travailler de cette façon d'un commun accord. Les ouvriers de Porz amenaient les caisses et les bateliers les plaçaient dans le navire. Toute la manipulation ainsi que les opérations précédentes dans le vieux Rhin se faisaient sous la surveillance spéciale de l'autorité locale et du gouvernement provincial de Dusseldorf et du personnel technique y attaché. Le magasin à dynamite provisoire se trouvait à une distance de 80 mètres du fleuve. Les brouettes roulaient sur des chemins en bois.

Le 19 mars, jour de la catastrophe, à 6 $\frac{1}{4}$ heures du soir, heure à laquelle l'explosion eut lieu, la *Maria Odelia*, batelier Van Meekeren, un bateau en fer, et le *Vier Gebroeders*, batelier Vermaas, chacun chargé de 1500 caisses d'explosif, étaient à l'ancre à environ 20 mètres en amont du bateau en bois en chargement l'*Élisabeth*, batelier Reymer, contenant déjà 1000 caisses. A 6 $\frac{1}{4}$ heures, lorsque l'explosion se produisit, les ouvriers de Porz se trouvaient dans l'ordre habituel poussant les brouettes l'une derrière l'autre sur le chemin en bois, au bord de l'allège; le chef d'équipe Kückenberg, et derrière, à intervalles de 10 mètres, trois brouettes chargées de caisses de dynamite dont les deux premières ont fait explosion en produisant un entonnoir de 3 mètres de diamètre, la troisième brouette distante de 30 mètres du foyer de l'explosion a été renversée sans sauter. Ces caisses renfermaient de la dynamite à la guhr. Il n'a pas été possible de dire avec certitude

quelle était l'espèce de dynamite qui se trouvait à ce moment en chargement. Après le rechargement des caisses se trouvant encore aujourd'hui à Schürpoll, on pourra toutefois dire avec certaine probabilité s'il s'agissait de la dynamite à la guhr ou de gomme qu'on manipulait à ce moment. Le bateau sauté *Élisabeth* était une petite allège qui devait recevoir 1100 caisses et le malheur a dû se produire juste au moment de cesser le travail. La surveillance administrative s'était étendue pendant toute la journée sur tous les détails du chargement, et l'agent expéditeur Machut avait patrouillé presque toute la journée entre le bateau et le magasin. Au moment de l'explosion, aucun représentant de l'autorité ou de la fabrique de dynamite ne se trouvait à bord. M. l'inspecteur de fabrique Lühl et l'inspecteur d'assurances Engeln se trouvaient à 500 mètres sur le chemin de la gare; l'expéditeur Machut et les gendarmes de garde se trouvaient justement au magasin occupés à faire remettre les bâches sur les caisses.

Ce n'est pas la place ici de nous occuper de la recherche des détails du malheur en ce qui concerne les blessures et les morts, ceci est l'affaire des autorités. Nous nous bornons, pour le moment, jusqu'à ce que toutes les données pour l'estimation des dommages nous soient parvenues, à un exposé général des dommages matériels et à un résumé de présomptions que nous avons pu réunir sur les causes du malheur.

A l'endroit où stationnait l'*Élisabeth*, le lit du Rhin a été creusé d'environ 2 $\frac{1}{2}$ mètres; une partie des terres de la digue a été enlevée, projetée en l'air et en retombant a produit un remblai d'environ 15 à 20 mètres de circonférence. C'est la rive même qui a fourni cette terre, aussi est-elle, par suite de cela, maintenant à pic à cet endroit. Le jour de la catastrophe, le vent donnait vers le Rhin : c'est pour cette raison que la plupart des débris projetés sont retombés dans le fleuve. Le magasin renfermant 4000 caisses est resté intact; les deux allèges chargées, dont chacune contenait 1500 caisses, furent endommagées par l'effet d'aspiration de l'explosion qui a arraché les pontages et renversé le mât de la *Maria Odelia;* il est retombé sur les caisses de dynamite pleines sans produire aucune

explosion, heureusement. Le *Vier Gebroeders* reçut une voie d'eau et par suite a dû être pompé pendant les jours suivant l'explosion. De même l'eau de la gerbe d'explosion lancée à plusieurs centaines de mètres de hauteur a dû inonder fortement les bateaux; environ 150 caisses du *Vier Gebroeders*, qui a souffert beaucoup plus que la *Maria Odelia*, ont été endommagées par l'eau. Les allèges vides ont eu également leurs pontages en partie arrachés par l'effet d'aspiration de l'explosion, mais n'ont pas été endommagées beaucoup. L'allège vide *De Hoop*, batelier Gerritzen, se trouvant à environ 30 mètres de l'explosion, laissa échapper immédiatement après l'explosion, des flammes de la cabine et brûla jusqu'à 1 heure de la nuit puis sombra. Des ouvriers atteints par l'explosion il n'y eut que le conducteur de la troisième brouette, qui n'a pas sauté, qui n'eût pas de lésions extérieures; il était complètement dépouillé de vêtements et mort. Les autres hommes occupés au magasin et entre ce dernier et le bateau, ont été renversés à terre par la pression de l'air et ont en partie pu faire en courant plusieurs centaines de mètres avant que les débris du bateau sauté ainsi que l'eau, la terre et la ferraille ne soient retombés à terre. Des débris ont été retrouvés à de grandes distances; à l'heure qu'il est nous n'avons pas encore des données exactes à ce sujet.

Quant à nos suppositions sur les causes de l'accident, nous nous trouvons absolument devant une énigme. Depuis 25 ans, on n'a jamais constaté un accident pendant le chargement et le transport de dynamites, quoique les chargements de la même dynamite par les plus fortes quantités aillent en augmentant dans tous les pays et quoique ces chargements se fassent en général sans surveillance technique par des ouvriers ordinaires. L'expérience acquise jusqu'à présent sur la sensibilité de la dynamite emballée permet d'admettre avec raison qu'il n'y a aucun danger au chargement et au transport dans les circonstances ordinaires. Il est donc d'autant plus probable que, dans l'explosion en question, il existait des circonstances qui se dérobent entièrement à notre connaissance et qui doivent être qualifiées de tout à fait extraordinaires. Il pourrait paraître logique à un profane de rechercher la cause de l'explosion dans l'état même

de la dynamite; si l'on connaît pourtant la fabrication soigneuse des Fabriques Unies dont chacune se trouve sous la direction de deux chimistes assermentés et si l'on réfléchit à l'énorme intérêt qu'ont les Fabriques Unies à produire une marchandise sans reproches, qui est appelée parfois à être transbordée une dizaine de fois sous les climats les plus divers, on ne songera plus à chercher la cause dans la qualité de la dynamite. Du reste, l'enquête des autorités, assistées de nos chimistes assermentés, a constaté l'état irréprochable de la dynamite. Nous ne pouvons pas non plus considérer comme une aggravation du danger la circonstance que, selon toutes les probabilités, la majeure partie de la dynamite était congelée (comme on sait la congélation peut déjà se faire à + 8°), car nous sommes bien obligés, depuis 25 ans, de transporter au moins pendant six mois chaque année des dynamites gelées sans que jamais un accident se soit produit de ce fait.

De grandes quantités de dynamites et particulièrement de la gomme sont envoyées tous les ans d'Allemagne en Sibérie où elles subissent une température de — 30° et qui, avant leur emploi, doivent être dégelées. Le seul inconvénient qui peut se produire par des congélations et dégélations répétées, c'est qu'après des années cela peut occasionner une séparation de nitroglycérine liquide.

En Amérique, on transporte, par mesure de sécurité, la nitroglycérine à l'état solide. Nous faisons actuellement des essais minutieux pour établir jusqu'à quel point la nitroglycérine gelée est plus sensible au choc que la nitroglycérine liquide. La preuve que cette différence n'est pas grande résulte de ce qu'on n'a pas constaté depuis de nombreuses années des accidents même avec la dynamite gelée. Du reste, si l'on devait interdire le transport des explosifs à base de nitroglycérine lorsqu'ils sont gelés, l'usage régulier de la dynamite devrait à peu près cesser complètement.

Pour ce qui est de l'emballage de la dynamite dont il s'agit dans le présent cas, nous ferons remarquer qu'il a été prescrit comme suit par le gouvernement de la république du Transvaal et aussi par les gouvernements de la France, de l'Angleterre, de la Belgique et de la Hollande :

Chaque caisse renferme 5 cartouches de 4 kg. chacune. Ces cartouches ont la forme parallélépipédique et sont confectionnées en mettant l'enveloppe, faite en toile de coton solide, paraffinée pour la rendre imperméable, dans un moule en bois; elle est ensuite remplie de dynamite au moyen d'un bourroir en bois. Ceci fait, ces cartouches sont ficelées en croix, puis on en réunit deux et respectivement trois dans un paquet enveloppé de papier. Deux de ces paquets forment le contenu d'une caisse. S'il y a lieu, l'intervalle des paquets est rempli de guhr, de sorte qu'ils sont bien calés dans la caisse et éventuellement une exsudation de nitroglycérine serait immédiatement absorbée par la guhr. Pour protéger la marchandise contre l'humidité extérieure, chaque caisse est doublée à l'intérieur d'un sac en caoutchouc qui est soigneusement fermé au moyen d'une solution de para. L'examen de plusieurs caisses restées encore en magasin a prouvé que les caisses les plus atteintes par l'eau projetée n'ont même pas souffert de l'humidité et que nulle part une exsudation de nitroglycérine ne s'est montrée.

La cause de l'explosion ne peut être attribuée qu'à un choc mécanique puissant ou à une imprudence avec le feu. Nous ne pouvons donc donner une explication que par les deux suppositions suivantes :

1° Une des voitures s'est avancée trop loin sur le bateau et est tombée dans la cale. Le frein en fer aura pu briser une ou deux caisses, quoique cette circonstance expliquerait encore difficilement une explosion, vu que les débris en bois et en fer des pontages des deux bateaux chargés, arrachés par l'explosion, ont en tombant détruit plusieurs caisses sans que, par cette commotion beaucoup plus forte, une explosion se soit produite.

2° Sur le bateau en chargement s'est trouvé du feu. Quoique le feu du poêle ait été éteint conformément au règlement, il y avait probablement à bord un réchaud à pétrole qui aura été allumé après le passage de l'agent chargé de la police, en vue de préparer le repas du soir et qui probablement brûlait sans surveillance. L'explosion d'un fourneau à pétrole a pu amener l'explosion de la dynamite. Les hommes qui auraient pu voir la flamme de l'explo-

sion du pétrole sont malheureusement restés dans la catastrophe. Il y a les raisons suivantes qui permettent de supposer la présence d'un réchaud à pétrole.

D'après le témoignage des ouvriers d'Opladen, ceux-ci ont reçu des bateliers du café chaud; d'où pouvait-il provenir?

Sur les deux bateaux chargés se trouvaient des réchauds à pétrole qui vraisemblement devaient être utilisés. A côté de l'un de ces réchauds, sur l'allège *Vier Gebroeders*, se trouvait une marmite de pommes de terre fraîches et de haricots verts prêts à être mis sur le feu.

Le bateau vide *De Hoop*, batelier Gerritzen, a pris feu après l'explosion; à la place de la cabine s'est montrée immédiatement une grande flamme dont l'extension rapide permet de supposer que c'était du pétrole qui brûlait. Probablement qu'il y avait également là un réchaud à pétrole allumé qui a été détruit par l'explosion et aura communiqué le feu.

Effets matériels. — En dehors des pertes regrettables en vies d'hommes (14 tués, 3 blessés), les dommages matériels ont été assez considérables. Il est évident que les effets les plus grands ont été produits sur les objets se trouvant à proximité. Les bateaux chargés se trouvant à 20 et 30 mètres respectivement n'ont pas fait explosion; cela doit être attribué à ce que l'eau qui les entourait a fait office de coussin élastique et a amorti le choc.

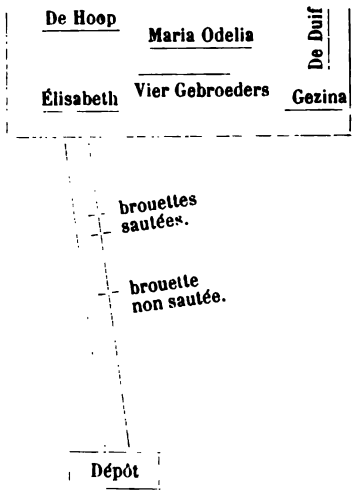
Dans une explosion, il y a lieu de distinguer deux effets : l'effet direct et l'effet indirect.

Le premier est produit par la rapidité formidable avec laquelle se meuvent les gaz de l'explosion et l'atmosphère refoulée par eux; l'effet indirect, par les masses d'air en retour se précipitant sur le lieu de l'explosion.

Par le fait que les gaz de l'explosion s'élancent avec une vitesse extraordinaire en l'air, ils agissent comme un puissant aspirateur sur les masses environnantes qu'ils entraînent avec grande violence vers le centre de l'explosion.

Il résulte de là que l'effet direct ne se fait sentir qu'à une faible distance, mais avec violence, tandis que les effets indirects s'étendent plus loin, avec une énergie moindre.

Effets sur les bateaux. — Il y avait dans l'endiguement formant une espèce de petit bassin, six allèges : 1° l'*Élisabeth*, qui fit explosion avec 1000 caisses, se trouvait contre la rive à environ 10 mètres; 2° le bateau *De Hoop*, placé parallèlement à l'*Élisabeth* et à 20 mètres environ, était vide; 3° le bateau *Vier Gebroeders*, chargé de 1500 caisses, se trouvait à 20 mètres de l'*Élisabeth* et sur le côté; 4° la *Maria Odelia*, également chargée de 1500 caisses était placée derrière le *Vier Gebroeders*, à environ 30 mètres de l'*Élisabeth*. Ce bateau a été protégé par le *Vier Gebroeders*; 5° la *Gezina* se trouvait à 80 mètres de l'*Élisabeth*; 6° *De Duif*, à 110 mètres.



Les brouettes qui firent explosion se trouvaient à 22 mètres et à 28m50 de l'*Élisabeth*; la brouette qui suivait et qui ne sauta pas se trouvait à environ 30 mètres. Le dépôt de la dynamite, à 120 mètres de la rive.

L'*Élisabeth* avait complètement disparu; il n'y a qu'une petite partie des débris qu'on a retrouvés projetés à terre dans un rayon de 1500 mètres.

Aux deux bateaux *Vier Gebroeders* (en bois) et *Maria Odelia* (en fer), à environ 20 et 30 mètres de l'*Élisabeth*, les pontements ont été arrachés. Les dommages ont été évalués par des hommes du métier à 2900 marks et à 3000 marks respectivement. Le *Vier Gebroeders* a reçu une voie d'eau de manière que l'eau y a pénétré suffisamment pour que la rangée inférieure des caisses baignât dans l'eau. Il a donc été nécessaire de pomper sans cesse les jours suivants afin de maintenir le bateau à flot. Comme il a déjà été dit plus haut, le parfait emballage a empêché l'eau de pénétrer dans l'intérieur des caisses.

Le mât du *Vier Gebroeders* a été renversé par l'explosion, ce qui a démoli quelques caisses du haut. — Une lourde traverse en fer en I de la *Maria Odelia* a été arrachée de ses rivets et cassée au milieu. Les bouts cassés ont pénétré dans les caisses se trouvant au-dessous. La coque n'a pas été endommagée et le bateau est resté navigable. A 20 mètres de l'*Élisabeth*, dans la direction du fleuve, se trouvait le bateau en bois *De Hoop*, qui devait être avancé après le chargement de l'*Élisabeth*, ce dont s'occupaient les deux bateliers Vermaas et Van Meeckeren. Ce bateau a brûlé jusqu'au niveau de l'eau. Vu son âge de 20 ans, ce bateau a été estimé à 3315 marks.

Au moment de l'explosion, il n'y avait personne à bord de ce bateau. A environ 80 mètres en amont se trouvait le bateau en bois *Gezina*. Ici également, par l'effet en retour, le pontement a été totalement arraché. Il n'y avait personne à bord au moment de l'explosion. Le dommage est de 1750 marcks. A 110 mètres de l'*Élisabeth* et 25 mètres de la *Gezina* se trouvait la barque du Rhin en bois *De Duif*, dont le pontement fut également arraché et les cabines détruites. Dommage, 2150 marks. Le batelier Dremen se trouvait à bords avec ses enfants, mais personne n'a souffert.

Effets sur les rives et sur le fond. — Aussitôt après l'explosion, les autorités ont soulevé la question de savoir si l'on pouvait admettre avec assurance que tout le chargement de l'*Élisabeth* avait fait explosion ou s'il y avait possibilité qu'il y eût encore de la dynamite dans le lit de la rivière. Quoique les hommes du métier prétendent que toute la partie devait avoir fait explosion, on a décidé de faire visiter le fond de l'eau par un plongeur. Le plongeur Georges Winter, de Ruhrort, a entrepris cette besogne et a constaté qu'il ne se trouve ni débris ni dynamite au fond.

Par des sondages exécutés par le service des ponts et chaussées, il a été constaté que le lit du fleuve a été creusé, à l'emplacement de la catastrophe, sur une profondeur de 2 à 2 1/2 mètres et sur une circonférence d'une vingtaine de mètres.

Le talus a été arraché sur une longueur d'environ 20 mètres et recouvert de vase et de racines arrachées par la colonne d'eau de l'explosion.

Les entonnoirs formés par l'explosion des deux brouettes avaient un diamètre de 5 à 6 mètres et une profondeur de 1 mètre. Le dépôt de dynamite au Schürpooll était à environ 90 mètres des brouettes sautées et à 120 mètres de la rive. Au dépôt même, il n'est rien arrivé si ce n'est quelques planches de caisses défoncées.

Tout le personnel occupé au dépôt est sorti indemne.

Effets sur les bâtiments. — De même que l'effet de l'explosion sur les bateaux a été éminemment indirect, pour ainsi dire aspirant vers le centre d'explosion, on doit admettre également que les nombreux dégâts aux bâtiments et à terre ont été produits par les effets en retour de l'explosion du navire. Si l'on a pu constater, dans quelques cas isolés, aux bâtiments les plus rapprochés, un effet direct, cela doit être attribué en première ligne à l'explosion, sans le moindre abri, des brouettes chargées ensemble de 280 kil. de dynamite. Tandis que l'explosion n'a produit d'un côté — celui de l'Ouest — des effets qu'à une distance d'à peine 2000 mètres, elle s'est fait sentir de l'autre côté — du Sud au Nord-Est — jusqu'à 14 kilomètres. Ceci ne peut être attribué qu'au vent qui régnait au moment de l'explosion.

Au Nord-Est et au Sud se trouvent respectivement le mont Etten et le mont de Clèves. La distance entre les crêtes de ces deux montagnes peut être d'environ 8 kilomètres. — D'après les dires du garde-rivière Noble, de Griethausen, le vent a changé le 19 mars en soufflant du Nord le matin et tournant par l'Ouest vers le Sud dans le courant de la journée.

Au moment de l'explosion, le vent soufflait faiblement du Sud-Ouest, mais peu de temps après avec violence du Sud.

On doit donc admettre que déjà au moment de l'explosion il y avait dans les régions supérieures, dont il y a lieu de tenir compte pour les effets en retour, de forts courants du Sud jusqu'au Sud-Est. On doit donc penser que ces courants ont favorisé le mouvement de l'air vers le lieu d'explosion, du côté du Sud-Est, tandis qu'ils le contrecarraient du côté du Nord-Ouest et de l'Est. C'est pour cela que ce mouvement d'air a produit des dégâts à de plus grandes distances dans la direction du Sud-Est. Un cas analogue d'influence

du vent sur les dégâts dans une direction a été constaté et observé dans le temps par une commission royale, lors de l'explosion d'une fabrique de dynamite de l'État, à Waltham Abbey, le 7 mai 1894.

Effets à distance. — Pour bien se rendre compte de quelle façon l'explosion a produit ses effets à différentes distances, on doit se figurer le théâtre de l'explosion divisé en anneaux concentriques et ce :

le premier	avec un	rayon de	1800	mètres
le deuxième	"	"	3500	"
le troisième	"	"	5000	"
le quatrième	"	"	8200	"
le cinquième	"	"	14400	"

On trouve qu'il n'y a que dans le premier rayon que les effets se sont fait sentir dans toutes les directions, mais encore dans des proportions inégales, tandis que pour tous les autres anneaux il n'y a eu d'effet que dans la direction entre le Nord-Est et le Sud-Est du centre d'explosion. Bien entendu que c'est dans le premier cercle que les dommages sont le plus élevés, et on y a pu constater, à des endroits élevés, des effets directs.

C'est la maison de Fred. Meurs, qui est située le plus près du lieu d'explosion, à environ 1000 m. Sur toutes les faces il y a des fenêtres cassées. Toutes les vitres, selon les dires, ont été projetées vers l'intérieur. Pour la face tournée vers le lieu d'explosion, on doit donc admettre l'effet direct, tandis que pour les autres faces c'est l'effet indirect qui s'est fait sentir.

A une ouverture de fenêtre un peu plus grande que les autres s'est formée une crevasse dans le mur jusqu'au toit. La toiture en pannes n'a été endommagée sérieusement que du côté de l'explosion.

A une distance d'environ 1200 mètres se trouve la ferme de Bernard Dahmen dit Môvenpoll. La maison a une situation élevée et la face tournée vers l'explosion. Sur cette face, toutes les fenêtres sont brisées, les encadrements et volets projetés en partie vers l'intérieur. La toiture du côté de l'explosion est sérieusement endommagée et les pannes soulevées ont glissé en bas. Toute la maison jusqu'à la toiture a beaucoup de crevasses. Du côté opposé à l'explosion, il n'y a que des

dégâts peu importants. Ce bâtiment a été exposé, sans contredit, à une poussée directe assez forte, tandis que l'effet indirect l'a fait moins souffrir. Des débris du bateau sauté ont été trouvés à proximité de la maison. Il est hors de doute que c'est cette maison qui a subi le plus de dommages : ils sont évalués à 1400 marks.

L'exploitation de Joseph Peters, à Salmorth, est à environ 1500 mètres de l'explosion. Sur la face dirigée vers celle-ci deux fenêtres étaient endommagées, les carreaux ont été projetés vers l'intérieur par l'effet direct et les encadrements légèrement démolis. Sur les autres faces du bâtiment, les fenêtres et les portes, ainsi que leurs encadrements, ont sensiblement plus souffert par l'effet indirect.

A 1800 mètres de l'explosion, se trouve la maison de Théodore Meurs. Du côté de l'explosion deux fenêtres ont été poussées vers l'intérieur par l'effet direct; pour le reste, on n'a pu constater que des dommages peu importants par l'effet indirect.

Schenkenschanz, petit hameau à environ 1700 mètres au Sud-Ouest de l'explosion, n'a que peu souffert. Les dommages consistent en carreaux cassés.

De l'autre côté du Rhin se trouvent dans les premiers rayons les localités hollandaises de Lobith, de Zollkammer et de Spijch.

Lobith est à environ 1500 mètres au Nord. Dans cette localité également, les dégâts sont insignifiants et consistent principalement en carreaux cassés et pannes soulevées.

Zollkammer, qui est à 1300 ou 1400 mètres au Nord-Ouest, n'a que peu de dégâts. Les dommages de ces localités qui se trouvent sous une même administration, se montent à 1500 marks.

Spijck (Hollande), dans la direction du Nord-Est, a sensiblement plus souffert. Cette localité se compose de fermes, de maisons isolées et de plusieurs briqueteries au bord du Rhin, parmi lesquelles celle de Léopold Heydendahl, la plus proche de l'explosion, juste vis-à-vis, à 600 mètres de distance. Toutes les fenêtres de la face de l'habitation du briquetier tournée du côté opposé à l'explosion, ont été projetées dans l'intérieur par l'effet indirect. Aux deux faces de ce bâtiment tournées vers l'explosion se trouvent une ou deux fenêtres dont quelques carreaux seulement sont brisés. La face

tournée vers le Schürpoll n'a pas de fenêtres. La toiture est en partie soulevée et, dans une chambre, une poutrelle du plafond est brisée. Sur les fours à briques, une grande partie des petites cheminées en maçonnerie a été renversée.

Une briqueterie située un peu en aval, entre le Rhin et la dérivation, appartenant à Guill. V. d. Loo, n'a que peu de dommages en dehors de quelques fenêtres cassées, 300 pannes de l'habitation et 500 pannes de la briqueterie de cassées.

A 900 mètres de l'explosion, immédiatement derrière la dérivation, est située la maison de Guillaume Jansen. Toutes les fenêtres tournées vers l'eau et le Schürpoll sont poussées vers l'intérieur et environ 1000 pannes sont tombées et brisées. A cette maison également on a pu constater l'effet direct et l'effet indirect.

Henri Heystermann, de Spijck, à 1000 mètres de distance et à 100 mètres derrière la maison Jansen, un peu plus haut que cette dernière. Du côté de l'explosion, toutes les fenêtres sont jetées vers l'intérieur, sauf une devant laquelle se trouve un tilleul, et qui fut jetée vers l'extérieur. Du côté opposé au Schürpoll, aucun effet n'a été constaté. Une porte de grange a été enfoncée certainement par l'effet direct.

La maison du fermier briquetier Léopold Heydendahl, à environ 900 mètres de l'explosion, dans la direction Nord-Est, a eu des dégâts assez semblables à la toiture. Outre quelques fenêtres enfoncées vers l'intérieur par l'effet direct, il y a eu quelques crevasses dans les murs et les plafonds.

Dans le deuxième rayon, celui de 3500 mètres, il n'y a de dommages que dans le secteur de l'Est au Sud, et dans ce rayon se trouvent, en dehors de quelques fermes isolées, les petites localités Wardhausen, Brienen (Jeanne Sebus), Griethausen et Spijck allemand.

Des constructions isolées, c'est le Pietzenhof, sur Salmorth, à 2100 mètres de distance, qui est le plus rapproché de cette zone. Les fenêtres tournées vers l'explosion furent projetées vers l'intérieur et la toiture soulevée en partie, de sorte que beaucoup de pannes ont glissé en bas.

A 2200 mètres se trouve la maison forestière domaniale du garde Birkenfeld. Sur la face tournée vers l'explosion, il y a une fenêtre cassée et les carreaux sont poussés vers l'intérieur; il en est de même de plusieurs fenêtres aux autres faces. A une écurie nouvellement construite, le pignon a été un peu enfoncé à la partie inférieure, et comme elle est adossée à une ancienne écurie sans y être reliée, la maçonnerie s'est écartée d'environ 2 centimètres vers l'explosion.

Dans les localités de Brienen et Wardhausen, à environ 2700 mètres et 2200 mètres respectivement de l'explosion, vers le Sud, il n'y a à noter que quelques dégâts insignifiants aux fenêtres et aux toitures. De même à Griethausen, à environ 3400 mètres, il n'y a que peu de dégâts aux carreaux et fenêtres.

Ce qui est étonnant, c'est que la maison du pilote Jansen, située directement derrière la digue de 32 pieds de haut, a souffert relativement le plus; du côté de l'explosion, il y a six carreaux projetés en dehors et la toiture est en partie soulevée.

A la maison du garde rivière Noble, à environ 100 mètres de la digue, il n'y a qu'une fenêtre vers l'explosion de cassée et son verrou recourbé vers l'intérieur. Cette maison est la plus haute des environs. Un moulin à vent, ainsi que sept petites maisons à proximité, n'ont rien eu.

De l'autre côté du Rhin, tout contre la frontière prussienne, à environ 2100 mètres du Schürpoll, sont situés, au bord du Rhin, les établissements de poteries de Lobik. Les toitures très étendues de cet établissement, qui présentaient une grande surface aux mouvements de l'air, ont naturellement éprouvé des dommages plus importants. Il y a eu, de plus, beaucoup de carreaux et d'encadrements de fenêtres enfoncés.

Dans la troizième zone (5000 mètres), il y a à mentionner les localités d'Elten, Hochelten et Hüthum.

Elten, situé à environ 3500 mètres dans la direction du Nord-Est, localité de 2300 habitants, a eu différents dégâts. On reconnaît facilement que les vitraux colorés et sertis em plomb de l'église d'Elten ont été poussés par l'explosion vers l'intérieur et cassés.

A la pharmacie et à la poste on a également constaté des dégâts aux fenêtres. Dans la maison de la veuve P.-J. Jansen, il y a eu une glace de 1.5 × 3 enfoncée et brisée. A l'école normale, située vis-à-vis de cette maison, il y a eu des bris de carreaux assez importants. Le total des dommages causés à Elten s'élève à 3000 marks.

Si Elten est situé déjà à une certaine hauteur, Hochelten se trouve sur le coteau et à la pointe du mont Elten, qui a 60 mètres d'élévation et se trouve à environ 3500 mètres de Schürpoll. Cette localité a éprouvé relativement peu de dégâts, malgré sa situation élevée.

Dans les fermes isolées du village de Hülthum, qui est éloigné de 4800 mètres, il n'y a également que peu de dégâts. La vieille église menaçant ruine a eu des dégâts aux fenêtres et à l'entablement.

La quatrième zone, s'étendant jusqu'à 8200 mètres, renferme les localités de Warbeyn, de s'Heerenberg hollandais, ainsi que la ville d'Emmerich. La ville de Clèves, située dans cette zone, à 6000 mètres au Sud, n'a eu aucun dommage, tandis que Emmerich a eu un total de dégâts très important.

Emmerich se trouve à l'Est-Sud-Est, à une distance moyenne de 7500 mètres. Ici les glaces assez grandes et chères des magasins : Edmond Kulhen, Will. Imkamp, Veuve F. Breitenstein, Frères Albersheim, E.-A. Piekers, W.-C. Walter et Cie, Jean Pastors, ont été enfoncées, descellées ou brisées, ce qui a eu pour conséquence d'endommager sensiblement aussi les marchandises exposées dans les vitrines.

Il mérite d'être relevé, à titre de curiosité, que chez les frères Albersheim, une des deux glaces, ayant 2,5 × 2,8 m. est sortie de son cadre et est restée debout dans l'intérieur de la vitrine sans avoir rien souffert.

D'autres bris de verre ont été occasionnés au Gymnase royal, aux bâtiments du Casino civil et de la Société, à une maison de la Caisse d'épargne d'Emmerich, qui a eu également quelques crevasses, etc.

Une particularité surprenante, c'est que partout où les bâtiments atteints étaient abrités par d'autres maisons, de grands arbres, des digues, etc., ils ont été plus fortement endommagés que lorsqu'ils

étaient complètement à découvert. C'est ainsi par exemple, que le Casino était garanti sur l'arrière par un rideau de grands arbres et que là les dégâts sont plus grands qu'aux maisons voisines, à découvert.

La fabrique de guano Ohlendorf, située sur les bords du Rhin, a également assez souffert par suite de ses grandes surfaces de toits et de ses nombreuses fenêtres. Les toitures sont faites en carton bitumé qui, par la poussée de l'air, a été déchiré aux jointures.

Des dégâts occasionnés dans la ville d'Emmerich se montent à 3100 marks.

Le village hollandais s'Heerenberg, assez élevé, au Nord-Est et à environ 8300 mètres de l'explosion, a eu également encore pour 400 marks de dommages. La maison Bergh, appartenant au prince de Hohenzollern-Sigmaringen, avait souffert le plus en bris de fenêtres. Ici, également, il y a à relever que le château est abrité par de grands arbres.

La localité Warbeyen, sur la rive gauche du Rhin, à 6300 mètres, n'a que des dégâts insignifiants aux fenêtres. Ce qu'il y a encore à relever, au delà de la zone de 8200 mètres, est situé dans la direction Sud-Est, sur la rive gauche du Rhin. Ce sont :

Huisberden, à	9800	mètres
Wissel, à	13600	„
Château Moyland, à	12700	„
Grieth, à	14400	„

Huisberden, petite localité, n'a que peu de carreaux cassés.

Wissel. C'est la maison de l'instituteur Koch qui a le plus souffert; une fenêtre du rez-de-chaussée a été projetée en dehors dans la direction du lieu d'explosion. Cette maison était à découvert. A la laiterie de Barth, Kleuren, qui est entourée de hauts arbres, une fenêtre avec son encadrement du côté de l'explosion a été poussée vers l'intérieur.

Le château Moyland, appartenant au baron van Steengracht, est situé au milieu d'un parc. Ici encore, par l'influence des arbres élevés et serrés, divers carreaux sertis en plomb ont été enfoncés.

De plus, dans une chambre, une partie du plafond, d'environ un demi-mètre carré, est tombée.

A la maison d'école de Moyland, située derrière le château, 15 carreaux ont été enfoncés. A l'église de Moyland, qui, du côté de l'explosion, est également garnie d'arbres élevés, sept fenêtres serties de plombs ont été enfoncées. Il n'y a que les carreaux inférieurs qui ont été endommagés; ceux du haut sont restés intacts. Le total des dégâts de Moyland a été de 230 marks.

Grieth, dans la direction Sud-Est, à 13800 mètres sur la rive gauche du Rhin, est la localité la plus éloignée où des dommages ont encore été signalés. Il y a, par exemple, dans la maison Elsbergen, au rez-de-chaussée et du côté de l'explosion, 4 carreaux enfoncés; au premier étage, il y a eu un carreau fendu. Un encadrement de fenêtre cassé au rez-de-chaussée a montré clairement que la pression de l'air s'est faite vers le lieu de l'explosion. Si les débris des carreaux se trouvaient à l'intérieur, c'est que les vantaux des fenêtres ont été ouverts par l'explosion.

A environ 20 mètres de la maison se trouvait une double rangée d'arbres. Ensuite il y a eu un encadrement de fenêtre enfoncé vers l'intérieur à la maison Frédéric Sack. Cette fenêtre se trouvait dans un angle formé par deux bâtiments. Les autres dégâts consistaient en carreaux fêlés, fenêtres enfoncées et encadrements endommagés. Le total des dégâts à Grieth est de 150 marks.

Le total des dommages causés aux bâtiments s'élève à 16000 marks.

Dispositions prises après l'explosion pour le retour. — L'explosion avait naturellement produit une panique parmi les populations des localités environnantes. Aussitôt après il y avait sur les lieux les autorités aussi bien que les fabriques et les compagnies d'assurances représentées par leurs fondés de pouvoirs. Sur ordre des autorités, tout travail devait être suspendu sur le lieu de l'explosion. Le personnel de surveillance a été renforcé et on a organisé l'épuisement du bateau en bois *Vier Gebroeders*. Ce bateau ainsi que le *Maria Odelia* ont été mis à 800 et à 1200 mètres respectivement en aval. Après des pourparlers prolongés avec les autorités, on a donné l'autorisation de transborder

le contenu du bateau *Vier Gebroeders*, qu'on ne jugeait plus navigable, dans une autre allège, tandis que la *Maria Odelia* pouvait naviguer après avoir été couverte de bâches. Le transbordement a eu lieu le 30 mars, mais les bateaux ont dû rester en place, parce que la police de Porz ne voulait pas permettre le déchargement de la marchandise dans cette dernière localité pour la conduire de là, comme c'était projeté, à la fabrique de dynamite à Eil. Par suite d'ordres donnés par les autorités supérieures, le déchargement à Porz fut rendu possible.

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie envoya, le 6 avril, une commission composée de MM. le conseiller du Gouvernement Dr Rösing, le conseiller du Gouvernement Dr Sachse, le professeur Dr Will, de Berlin, pour émettre un avis sur la transportabilité de la dynamite de Keeken. Après que cet avis fut donné, les deux bateaux purent être conduits en amont par un remorqueur, le 16 avril. Les plus grandes précautions avaient été prises pour assurer la sécurité du transport. Le train de remorque arriva le 18 avril sans encombre à Porz; là, le débarquement et le transport à la fabrique de dynamite d'Eil se sont faits sans accroc. Le déchargement s'est fait par des ouvriers des Fabriques Réunies, au courant de ce travail. Il ne restait plus qu'à charger les 4000 caisses restées au Schürpoll sur un bateau approprié et à les conduire par les mêmes chemins à Porz et de là à la fabrique d'Eil. Après avoir eu également pour cette opération les autorisations nécessaires, l'embarquement fut commencé le 18 avril et terminé le 20. Ce chargement fut remorqué le 21 avril à Porz et expédié de là à Eil. A la fabrique d'Eil, les caisses ont dû être examinées à fond et les emballages ont dû être remplacés en grande partie par des neufs, parce qu'ils avaient souffert extérieurement par l'explosion.

Lors de la réparation de ces caisses isolées, on a pu de nouveau constater l'excellent état de la marchandise, de sorte que celle-ci a pu être expédiée à sa destination par les vapeurs réguliers.

588. Explosions de Santander (3 novembre 1893). — Le vapeur *Cabo Machichaco* entra dans le port avec diverses marchandises et 30 caisses de dynamite destinées à la ville.

Un incendie s'était déclaré à bord avant l'accostage à quai. Les 30 caisses de dynamite furent débarquées. L'agent de la compagnie déclara qu'il n'y avait plus d'explosifs à bord, quoique cependant le navire contînt encore 46 ½ tonnes (tonnes de 2.000 livres).

Cependant la foule des spectateurs s'amassait sur le quai, attirée par le spectacle du navire en feu; toutes les autorités de la ville étaient présentes.

L'incendie se propageait peu à peu et finalement, 2 ½ heures environ après son apparition, il se produisit une explosion épouvantable, accompagnée des effets les plus désastreux : non seulement le vapeur avait sauté, mais aussi une partie du quai, ainsi que la majorité des personnes présentes.

On évalua le nombre des tués à 510.

Les ravages sur les lieux mêmes furent terribles; un certain nombre d'habitations furent complètement détruites. Des débris énormes furent lancés à des distances considérables; quantité de rails en fer qui formaient une partie de la cargaison furent lancés dans les airs, pliés et tordus, et retombèrent dans un rayon de 275 mètres. Un morceau de la coque fut lancé à 600 mètres et une ancre à 2 kilomètres.

Des dégâts importants aux constructions ont été constatés jusqu'à des distances de 600 mètres.

Pendant qu'on procédait à l'enlèvement des débris du navire et qu'on retirait une certaine quantité de dynamite intacte (qui se trouvait dans la cale d'arrière), une nouvelle explosion très grave survint qui causa la mort de 15 personnes et occasionna de nouveaux et importants dégâts à la ville.

Lorsqu'on eut retiré les premières caisses de dynamite de la coque du navire, on remarqua que ces caisses avaient laissé exsuder une grande quantité de nitroglycérine. On chercha à extraire l'explosif à l'aide d'une pompe spéciale et on put retirer ainsi jusque 1150 kg. de nitroglycérine fluide, mais on remarqua, par la suite, qu'une partie de ce liquide se congelait et les opérations furent suspendues.

On reprit les travaux avec des scaphandriers et, le 21 mars, une explosion terrible eut lieu qui coûta la vie à 15 ouvriers.

589. Explosion du magasin de Vigna Pia, près de Rome (23 avril 1893). — Le magasin en question, appartenant au gouvernement, était situé à Vigna Pia, à 3 milles environ du centre de Rome. Il pouvait contenir 285 tonnes de poudre et, en outre, 24.000 cartouches pour canons et une grande quantité de munitions et artifices de guerre.

Le magasin sauta pour une cause inconnue, mais en relation avec l'emmagasinement de matières explosives sujettes à des combustions spontanées (artifices).

Les constructions subirent des dégâts matériels considérables, même une destruction complète à des distances variant de 500 à 800 mètres.

Les toitures et les murs intérieurs furent gravement endommagés jusqu'à une distance moyenne de 800 mètres et, en trois endroits, jusqu'à 1500 mètres.

Des dégâts de moindre importance, tels que bris de vitres, s'étaient produits dans toute la ville.

Le baromètre de l'observatoire romain, situé à 4 kilomètres environ de distance, enregistra au moment de l'explosion une compression de l'air faisant monter l'instrument de 11,4 mm. La raréfaction de l'air qui suivit produisit une dépression de $8^{mm}8$ sous la normale. La hauteur de la vague, depuis la crête jusqu'au bas, était donc de $20^{mm}2$; elle fut suivie d'une seconde vague ayant pour hauteur totale : 11,7 + 4,4 = 16,1 mm.

Ces données sont intéressantes lorsqu'on les compare à la grande vague atmosphérique produite par l'explosion volcanique du Krakatoa, qui fit trois fois le tour du monde.

Après avoir analysé les divers témoignages utiles et examiné les diverses causes possibles, une commission d'enquête conclut que l'explosion avait eu pour cause un incendie provoqué par la combustion spontanée de fusées à parachute ou de fusées de signaux.

590. Explosion de dynamite à Johannesburg (Transvaal) (19 février 1896). — Ce fut une des explosions les plus terribles des temps modernes. Il résulte de l'enquête que 50 000 kg. de gélatine explosive détonèrent. La marchandise occupait un train

de 10 wagons de chemin de fer. Par suite d'une erreur d'aiguillage, un train que l'on garait en ce moment vint se jeter sur les wagons, ce qui provoqua l'explosion.

L'explosion eut lieu à 275 mètres au plus à l'ouest de la station de Johannesburg; elle produisit dans un terrain tendre une excavation de 91 mètres de longueur, $19^{m}80$ de largeur et $9^{m}14$ de profondeur. La destruction fut complète dans une zone de 300 mètres autour du foyer de l'explosion; dans la zone comprise entre les rayons de 300 et de 600 mètres, toutes les constructions furent renversées et jusqu'à une distance de 900 mètres, les toitures furent emportées. Les constructions étaient principalement en tôle ondulée ou en pisé et n'étaient donc point d'une nature solide. Les fenêtres furent brisées d'une façon générale jusqu'à la distance de 1828 m. De nombreux carreaux furent brisés jusqu'à 4571 m.

On retrouva plus de 50 cadavres et plusieurs blessés moururent à l'hôpital.

591. Explosion d'un magasin à poudre à Lagouban, près Toulon (5 mars 1899). — L'explosion tua 70 personnes et en blessa environ 150.

Au moment de la catastrophe, le magasin contenait 104 tonnes de poudre sans fumée *B* et 100 tonnes de poudre prismatique brune et, en outre, de petites quantités de cartouches pour canons et de poudre sans fumée du commerce.

Le magasin avait été visité la veille de l'accident; on ne perçut aucune odeur annonçant, par exemple, une décomposition d'explosif. L'explosion se produisit pendant la nuit et fut précédée, raconte-t-on, de grondement analogue au bruit d'une sirène.

Il y a peu de doute que la cause la plus probable fut l'inflammation spontanée d'une certaine partie de la poudre sans fumée. La majeure partie de la poudre *B* était de très bonne qualité, mais une certaine quantité était fabriquée depuis 1895. Cette dernière avait été vérifiée récemment et trouvée de bonne qualité.

Les effets de l'explosion ont été terribles. Le magasin fut complètement détruit et une excavation se forma sous l'emplacement qu'y occupait la poudre à canon. Cette circonstance, jointe à celle que

de grandes quantités de poudre sans fumée ont été retrouvées non brûlées, indique que l'explosion fut avant tout une explosion de poudre à canon.

Des blocs de maçonnerie énormes furent lancés à des distances atteignant 2000 mètres. Des maisons furent complètement détruites jusqu'à la distance de 228 mètres, d'autres furent plus ou moins ébranlées jusqu'à la distance de 3200 mètres; quant aux portes et aux encadrements de fenêtres, ils furent défoncés jusque 7000 m.

Un second magasin situé à 137 mètres du précédent fut très peu endommagé. Toutefois ce magasin avait une couverture à l'épreuve de la bombe et était de construction très solide. Il renfermait des obus chargés de mélinite fondue et d'autres munitions.

592. Explosion de la dynamiterie d'Avigliana (Piémont) (1900). — Le 13 janvier 1900, à la fabrique d'Avigliana il s'est produit une explosion terrible qui tua 13 personnes et en blessa 40. On a expliqué l'accident de cette façon : pendant le pesage du coton-poudre avant son incorporation à la nitroglycérine, un des poids est peut-être tombé sur le robinet du bac à nitroglycérine. L'atelier contenait environ 508 Kg. de pâte. Cinq magasins contenant en tout 10 160 Kg. environ et établis dans le voisinage immédiat sautèrent également; en outre, des débris atteignirent quelques caisses de dynamite, prêtes à être chargées sur chariot, les enflammèrent, firent partir le contenu de deux autres magasins contenant du coton-poudre et mirent le feu à un troisième qui contenait 12 192 Kg. de dynamite. Toutefois l'incendie fut éteint par les ouvriers.

Le bruit de l'explosion fut perçu, dit-on, à Lugano distant d'environ 160 kilomètres. Des fenêtres furent brisées à Chivasso à 60 kilomètres de là et des dégâts peu importants aux constructions furent relevés jusque Rubiano situé à 5120 mètres environ de la fabrique.

593. Explosion Corvilain à Anvers (6 septembre 1889). — M. Ferdinand Corvilain avait installé une fabrique pour le démontage de cartouches métalliques déclassées sur un terrain situé entre le bassin du Kattendyk, le bassin Africa et la digue de l'Escaut.

La détonation fut formidable : une colonne ou « plume » de fumée blanche s'éleva immédiatement au-dessus de la fabrique; cette colonne se maintint assez longtemps en l'air et put être photographiée.

Plusieurs millions de cartouches chargées furent projetées en l'air et tombèrent comme une averse dans une zone étendue.

Le nombre de victimes fut évalué à 95 tués et 130 blessés.

Plusieurs tanks à pétrole qui se trouvaient dans le voisinage prirent feu et brûlèrent complètement.

Le colonel Nord estima que la quantité de poudre qui sauta était d'environ 6 tonnes, tandis que le colonel Tournay l'évalue à 15000 Kg.

On constata des dégâts importants aux parties solides des bâtiments jusque 338 mètres; des fissures aux murs jusque 960 m.; des tuiles enlevées jusque 1830 m.; des carreaux brisés à 3700 m.

594. — On a, à la suite de ces catastrophes, recherché et établi des règles pour l'installation des dépôts d'explosifs à des distances convenables des lieux habités.

Le service des explosifs en Angleterre applique une table des distances auxquelles les magasins et autres bâtiments dangereux doivent être tenus des propriétés qu'il s'agit de protéger. Les chiffres sont basés sur les observations faites dans les explosions accidentelles. On n'y tient pas compte de la nature de l'explosif et on ne fait aucune distinction entre la poudre noire et les explosifs brisants.

Nous extrayons de cette table quelques chiffres relatifs aux dégâts dans les maisons d'habitation.

Quantités d'explosif dans le magasin ou le local dangereux.		Étendues des zones à laisser libre autour des catégories de propriétés ci-dessus.		
Tonnes anglaises.	Kilogrammes.	N° V.	N° VI.	
		m.		
1	906	91,43	182,87	Ce qui correspond à $D = 0{,}05846\,C + 2{,}579\sqrt{C}$ (Tournay).
5	4534	160,00	480,00	
10	9068	228,59	777,05	
15	13602	297,16	1097,05	
20	18136	365,75	1394,20	
25	22670	434,30	1691,35	
30	27304	502,85	1988,50	
35	31739	571,40	2285,65	
40	36273	639,95	2605,65	
45	40807	708,50	2902,80	
50	45341	777,05	3200,00	

Le n° V désigne les maisons d'habitations dont les occupants ont donné leur consentement par écrit. On entend des dégâts aux parties solides sans mort d'homme.

Le n° VI comprend :

a) Les maisons d'habitation en l'absence de consentement écrit;

b) Les usines n'appartenant pas au gouvernement;

c) Les églises et les chapelles;

d) Les universités, collèges et écoles;

e) Les hôpitaux ou institutions publiques, etc.

Ce sont des dégâts limités à des ruptures de vitres ou de châssis de fenêtres et à des déplacements de tuiles.

595. — Plusieurs auteurs ont présenté des formules théoriques mises d'accord avec des faits expérimentaux.

Monsieur le Colonel du Génie Tournay Julien a trouvé une formule pratique indépendante du rayon d'explosion et d'une forme très commode pour le calcul.

$$P = \frac{H}{2\pi D^2} \times C \qquad \text{ou} \qquad D = \sqrt[2]{\frac{HC}{2\pi P}}.$$

P = pression en kilogrammes par mètre carré.

H = potentiel de l'explosif par unité de poids (ce potentiel étant considéré dans la formule en nombre abstrait et non pas en kilogrammètres).

C = charge en kilogrammes.

D = distance en mètres de l'obstacle considéré.

On démontre en pyrodynamique l'égalité suivante :

$$pv = \tfrac{2}{3}(\tfrac{1}{2}mu^2)$$

dans laquelle :

p représente la pression sur son enveloppe, par unité de surface d'un gaz occupant le volume v.

m = la masse totale du gaz.

u = la vitesse de circulation des molécules de la masse gazeuse.

Si l'on prend comme unités le mètre et le kilogramme et, si on suppose l'enveloppe de forme sphérique de rayon d, on tire de l'égalité ci-dessus la valeur de p.

$$(1) \qquad p = \tfrac{2}{3} \times \frac{(\frac{1}{2}mu^2)}{v} = \tfrac{2}{3} \times \frac{(\frac{1}{2}mu^2)}{\frac{4}{3}\pi d^3} = \frac{(\frac{1}{2}mu^2)}{2\pi d^3}$$

La pression à distance par unité de surface sera

$$(2) \qquad p = \frac{(\frac{1}{2}\, mu^2)}{2\,\pi d^3} \times \frac{d^2}{D^2} = \frac{(\frac{1}{2}\, mu^2)}{2\,\pi D^2} \times \frac{1}{d}$$

La puissance vive ou l'énergie potentielle ($\frac{1}{2}\, mu^2$) de la masse totale gazeuse m est un multiple du poids de la charge d'explosif C qui a produit cette masse gazeuse.

Si H représente l'énergie potentielle de l'unité de poids (le kilogr.) de l'explosif, nous aurons

$$(\tfrac{1}{2}\, mu^2) = HC$$

et, en remplaçant dans l'équation (2), il vient

$$(3) \qquad p = \frac{HC}{2\,\pi D^2} \times \frac{1}{d}.$$

Or, l'expérience démontre que la force p, transmise à distance, varie avec la nature du milieu ambiant et avec la grandeur des charges qui détonent; si nous appelons K le coefficient de la variation des pressions due à ces éléments, la valeur réelle de la pression à distance sera représentée par

$$(4) \qquad p = \frac{HC}{2\,\pi D^2} \times \frac{K}{d} = \frac{C}{2\,\pi D^2} \times \frac{HK}{d}.$$

Cette formule exige qu'on calcule H, K et d.

Il résulte de nombreuses observations faites par M. Tournay, que le facteur $\frac{K}{d}$ reste constant dans l'air et tend vers l'unité.

L'équation devient finalement

$$(5) \qquad p = \frac{HC}{2\,\pi D^2}.$$

On prend comme bases les données pratiques :

Pression de 30 kg. au m² = des carreaux de vitre sont brisés.
" 50 " = bris de vitres et de glaces des fenêtres et des vitrines.
" 160 " = portes et châssis de fenêtres enfoncés et brisés.

„	200	„	= soulèvement des toitures, déplacement et bris de tuiles.
„	400	„	= fissures et crevasses aux immeubles, déplacement de murs légers.
„	300	„	= dégâts compromettant aux immeubles et démolition partielle.

596. Formule de M. le colonel Flamache (dégâts réparables).

$$D^2 = 640 \log \frac{500 + HC}{500}.$$

C = poids de la charge.

H = potentiel de l'explosif.

597. Formule de M. Lheure *(Mémorial des poudres et salpêtres.* Tome XII). — Elle est déduite d'expériences directes.

$$d = K\sqrt{C}.$$

d = distances en mètres.

C = charges en kilogrammes.

K = coefficient dépendant à la fois de la nature de l'explosif et du degré de sécurité à réaliser.

Dans le cas de dégâts modérés, la valeur de K = 10 pour les explosifs détonants usuels (mélinite, cheddite, dynamites et, par extension, explosifs Favier).

Avec cette valeur de K, la formule donne des distances supérieures à celles de la table anglaise (catégorie VI) jusqu'à 15 000 kg.; au-delà elle donne des distances plus faibles.

Pour la poudre noire la valeur de $K = \frac{10}{\sqrt{2}}$.

La formule indiquée fournit seulement des distances approximatives qu'il convient d'augmenter ou de diminuer dans chaque cas particulier en tenant compte de toutes les circonstances locales susceptibles d'influencer l'étendue des zones dangereuses.

Vitesse de l'onde explosive dans les explosifs.

598. — MM. Berthelot et Vieille ont déterminé la vitesse de propagation de l'explosion dans les gaz et diverses matières explosives.

Ils remplissent avec un mélange tonnant, sous une pression donnée, un tube d'une grande longueur; l'inflammation est déterminée à l'une des extrémités par l'étincelle électrique. La flamme interrompt deux courants électriques placés en des points du trajet dont l'intervalle est exactement mesuré. La durée écoulée entre les deux interruptions est évaluée par le chronographe Le Boulengé (Pour les détails des appareils voir : BERTHELOT : *Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie*, t. I, p. 133).

On a pu, d'après les expériences, déterminer les caractères de l'onde explosive. Cette onde se propage uniformément avec une vitesse qui dépend essentiellement de la nature du mélange explosif, et qui est à peu près indépendante du diamètre des tubes, à moins que ceux-ci ne soient capillaires. Elle est également indépendante de la pression; c'est là une propriété fondamentale, car elle établit que la vitesse de propagation de l'onde explosive est régie par les mêmes lois générales que la vitesse du son. Enfin la force vive de translation des molécules du système gazeux produit par la réaction et renfermant toute la chaleur développée par celle-ci, est proportionnelle à la force vive du même système gazeux contenant seulement la chaleur qu'il retient à zéro; c'est là une relation essentielle que l'expérience confirme et qui permet de calculer la vitesse de l'onde explosive dans les mélanges les plus divers.

Il semble que dans l'acte de l'explosion un certain nombre de molécules gazeuses, parmi celles qui forment les tranches enflammées tout d'abord soient lancées en avant, avec toute la vitesse répondant à la température maximum développée par la combinaison chimique.

Leur choc détermine la propagation de celle-ci dans les tranches voisines, et le mouvement se reproduit de tranche en tranche avec une vitesse comparable à celle des molécules elles-mêmes.

La propagation de l'onde explosive est un phénomène tout à fait distinct de la combustion ordinaire. Elle a lieu seulement lorsque la tranche enflammée exerce la pression la plus grande possible sur la tranche voisine, c'est-à-dire lorsque les molécules enflammées conservent la presque totalité de la chaleur développée par la réaction chimique. Cet état constitue le régime de détonation.

Au contraire, le régime de combustion ordinaire répond à un système dans lequel la chaleur est perdue en grande partie par rayonnement, conductibilité, détente, etc.; à l'exception de la très petite quantité indispensable pour porter les parties voisines à la température de combustion : l'excès de la chaleur tend ici à se réduire à zéro et, par suite, la vitesse de translation des molécules, c'est-à-dire, l'excès de pression de la tranche enflammée sur la tranche voisine.

Détermination théorique de la vitesse de l'onde explosive.

599. — Elle est basée sur la formule de la vitesse de propagation d'un ébranlement dans un fluide.

Newton a donné la formule suivante pour la vitesse du son dans les gaz.

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}} \text{ à } 0^\circ.$$

V = vitesse du son ou espace parcouru en 1″.

e = élasticité du gaz à 0°.

d = densité du gaz à 0°.

Pour un même gaz cette vitesse reste constante, quelle que soit la pression, car l'élasticité augmentant, la densité augmente dans le même rapport d'après la loi de Mariotte.

Si l'on désigne par :

g l'intensité de la pesanteur.

h la hauteur du baromètre.

δ le poids spécifique du mercure à 0°.

L'élasticité e étant mesurée par le poids d'une colonne de mercure de hauteur h et de section I on peut poser :

$$e = gh\delta$$

et la formule de Newton devient :

$$V = \sqrt{\frac{gh\delta}{d}} \text{ à } 0^\circ.$$

La température d'un gaz augmentant de 0° à t^o son volume croît et sa densité varie en sens inverse du volume. Donc la densité qui est d à 0° sera $\frac{d}{1 + \alpha t}$ à t^o.

La formule de Newton devient alors pour une température t.

$$V' = \sqrt{\frac{gh\delta}{d}(1 + \alpha t)} = \sqrt{\frac{gh\delta}{d}}\sqrt{1 + \alpha t} = V\sqrt{1 + \alpha t}.$$

Mais les valeurs de V calculées par cette formule ont toujours été plus petites que les valeurs mesurées par expérience. Laplace explique cette divergence par une circonstance dont Newton n'avait pas tenu compte : c'est le dégagement de chaleur qui s'effectue par l'effet de la pression dans les ondes condensées.

En admettant ce fait, Poisson et Biot ont trouvé que la formule de Newton doit être ramenée à la forme

$$V' = \sqrt{\frac{gh\delta}{d}(1 + \alpha t)\frac{c}{c'}}.$$

c = chaleur spécifique à pression constante.
c' = " " volume constant.

La vitesse de l'onde explosive ou de l'ébranlement dans un milieu élastique est fourni par la valeur

$$V = \sqrt{\frac{\gamma E}{\rho}}.$$

$\gamma = \frac{c}{c'}$.

ρ = densité du milieu.

E = l'élasticité du milieu (isotherme).

Cette élasticité est représentée par le rapport $E = \Delta\frac{dp}{d\Delta}$ de l'accroissement infiniment petit de pression à l'accroissement correspondant de volume dans une transformation isotherme.

Pour les explosifs en général, l'élasticité E peut être déduite de la relation qui lie les pressions p développées en vase clos aux densités de chargement Δ.

Cette relation est de la forme $p = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta}$ où α et f sont des constantes déterminées par les valeurs expérimentales obtenues pour les pressions.

On tire de cette relation

$$E = \Delta \frac{dp}{d\Delta} = \frac{f\Delta}{(1 - \alpha\Delta)^2} = \frac{f}{\Delta\left(\frac{1}{\Delta} - \alpha\right)^2}.$$

D'où

$$V = \sqrt{\frac{f}{\Delta\left(\frac{1}{\Delta} - \alpha\right)^2} \times \frac{\gamma}{\rho}}.$$

V en décimètres par seconde.

On constate que V augmente rapidement avec la condensation gazeuse et elle devient infinie pour $\frac{1}{\Delta} = \alpha$ ou $\Delta = \frac{1}{\alpha}$.

La valeur de l'élasticité

$E = \frac{f\Delta}{(1 - \alpha\Delta)^2}$ peut s'écrire

$$E = \frac{p}{1 - \alpha\Delta} = p\left(1 + \frac{\alpha\Delta}{1 - \alpha\Delta}\right) = p\left(1 + \frac{p\alpha}{f}\right)$$

qui diffère de la valeur connue, relative aux gaz parfaits $E = p$ par un terme additif qui fait croître rapidement l'élasticité avec la densité de chargement. Ce terme traduit l'influence du covolume des gaz et des résidus solides, lorsque la décomposition de l'explosif en fournit.

La valeur de γ n'est pas connue avec précision. Elle est de 1,40 pour les gaz parfaits à la température ordinaire et se rapproche de l'unité aux très hautes températures en raison de la variation des chaleurs spécifiques.

D'après M. Vieille (*Mémorial des poudres et salpêtres*, t. IV, p. 21), la densité limite est inférieure ou au plus égale à celle de la matière explosive elle-même; donc si la décomposition de la matière

s'opère sous son propre volume, la vitesse de propagation dans ce milieu peut dépasser toute grandeur imaginable.

Pour la nitroglycérine, on aurait :

$$V = \sqrt{\frac{1.353}{1.60} \times \frac{9281 \times 1.60}{(1 - 0.712 \times 1.60)^2}},$$

c'est-à-dire une impossibilité dans le cas où l'explosif détone dans son propre volume. L'explosion ne pourrait donc avoir lieu si le vase qui renferme la nitroglycérine pouvait résister indéfiniment. Elle ne peut se faire que pour une limite :

$$\frac{1}{\Delta} = \alpha = 0.712, \text{ d'où } \Delta = 1.40, \text{ alors } V = \infty.$$

Cependant l'explosion a lieu parce que le vase se dilate et permet au gaz d'atteindre la valeur du covolume.

La valeur de V explique combien la forme physique, son état de compression, etc., ont une influence considérable sur la vitesse de l'onde explosive. Dès que $\frac{1}{\Delta}$ s'approche de α, ce qui peut s'obtenir par une compression suffisante, les difficultés de mise à feu augmentent et tel explosif qui détone franchement par la capsule donne des ratés quand la densité devient trop forte. Il est donc facile, d'après cela, de calculer quelle compression maximum il faut donner pour rester dans de bonnes conditions de détonation : $\frac{1}{\Delta} > \alpha$.

Cette observation est très importante au point de vue de la compression à donner aux explosifs pulvérulents genre Favier.

600. — Voici quelques vitesses, par seconde, qui ont été relevées :

Hydrogène + oxygène (combustion complète) . .	2810	mètres.
Oxyde de carbone + oxygène	1089	»
Acétylène et oxygène	2482	»
Oxyde de carbone et hydrogène	2236	»
Protoxyde d'azote et hydrogène	2884	»
Nitroglycérine	1023	»
Coton-poudre à l'hydrocellulose	6184	»

Coton-poudre pulvérulent comprimé (cubes de 4mm.)	3903 à 4267 (Δ = 0,9 à 1,2).
Id. id. id.	4818 à 6238 (Δ = 1,4).
Id. id. id.	5200 (moyenne générale).
Coton-poudre granulé (tube de 2mm)	4770 (Δ = 1,2).
Nitromannite pulvérulente comprimée	6911 à 7700.
Dynamite n° I de Vonges (tubes de 3mm)	2833 à 2753.
Id. id. (tubes de 6mm)	1916 à 3180.
Panclastiste (1 vol. CS^2 + 1 vol. AzO^2)	4685.
Acide picrique cristallisé.	6500.
Nitrate de méthyle.	2100.

Ces vitesses sont variables avec la nature des tubes employés et aussi avec l'état physique de l'explosif. C'est ainsi que la dynamite a une onde plus rapide que la nitroglycérine. Les corps cristallisés sont remarquables par leur grande vitesse. D'après M. Berthelot, l'onde explosive n'existe avec ses caractères simples et ses lois définies, que dans la détonation des gaz; ces lois et ces caractères ne subsistent qu'en partie dans la détonation des liquides et des solides.

LOIS ET RÈGLEMENTS

SUR LES FABRIQUES, LES DÉPOTS, LE DÉBIT, LE TRANSPORT, LA DÉTENTION ET L'EMPLOI DES PRODUITS EXPLOSIFS.

Loi du 15 octobre 1881 sur les dépôts, le débit et le transport de la poudre à tirer, de la dynamite et de toutes autres substances explosives.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,
A tous présents et à venir, Salut,

Les Chambres ont adopté et Nous sanctionnons ce qui suit :

Article premier. — Le Gouvernement est autorisé à prescrire, par arrêté royal, les mesures nécessaires pour régler, dans l'intérêt de la sécurité publique, les dépôts et débits ainsi que le transport par terre et par eau des poudres ordinaires, de la dynamite et de toutes autres substances explosives [1].

Art. 2. — En dehors des officiers de police judiciaire chargés de la recherche des crimes et délits de droit commun, le Gouvernement est autorisé à conférer à d'autres agents le droit de rechercher et de constater les infractions aux règlements par des procès-verbaux faisant foi jusqu'à preuve contraire.

Art. 3. — Les agents investis des pouvoirs déterminés dans l'article qui précède, qui n'auraient pas prêté le serment prescrit par le décret du 20 juillet 1831, le prêteront devant l'un des juges de paix de l'arrondissement de leur résidence.

Art. 4. — Les lieux dans lesquels on débite des poudres ou d'autres substances explosives sont soumis à la visite des fonctionnaires et agents dénommés à l'article 3 pendant tout le temps qu'ils sont ouverts au public.

Sont également soumis à cette visite, après le lever et avant le coucher du soleil, les lieux destinés au dépôt des substances mentionnées au § 1er, et dont l'accès n'est pas ouvert au public. Toutefois, les agents, autres que les inspecteurs chargés de la haute surveillance des établissements dangereux et les officiers de police auxiliaires du procureur du roi, ne pourront y pénétrer, si ce n'est en présence, soit d'un membre du collège échevinal, soit du commissaire de police.

Art. 5. — Les infractions aux dispositions prises en vertu de l'art. 1er seront punies d'un emprisonnement de quinze jours à deux ans et d'une amende de 100 francs à 1,000 francs, ou d'une de ces deux peines seulement.

[1] Le texte de cet article a été remplacé par l'article 1er de la loi du 22 mai 1886.

Si le coupable est condamné à un emprisonnement de six mois au moins, la patente lui sera retirée et il ne pourra en obtenir une autre pendant la durée de la peine.

ART. 6. — Lorsque le défaut d'autorisation ou l'inobservation des prescriptions du règlement d'administration aura eu pour conséquence des lésions corporelles ou la mort d'une personne, le coupable sera, dans le premier cas, puni d'un emprisonnement d'un mois à deux ans et d'une amende de 26 francs à 200 francs, et dans le dernier cas, d'un emprisonnement de six mois à cinq ans et d'une amende de 100 francs à 600 francs.

ART. 7. [1] . . . . . .

Promulguons la présente loi, ordonnons qu'elle soit revêtue du sceau de l'État et publiée par la voie du *Moniteur*.

Donné à Bruxelles, le 15 octobre 1881.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de l'Intérieur,

G. ROLIN-JACQUEMYNS.

Vu et scellé du sceau de l'État :

Le Ministre de la Justice,

JULES BARA.

Loi du 22 mai 1886 portant revision de la loi du 15 octobre 1881 sur les matières explosibles.

LÉOPOLD II, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, SALUT.

Les Chambres ont adopté et Nous sanctionnons ce qui suit :

ARTICLE PREMIER. — L'article premier de la loi du 15 octobre 1881 est remplacé par la disposition suivante :

« Le Gouvernement est autorisé à prescrire, par arrêté royal, les mesures nécessaires pour régler, dans l'intérêt de la sécurité publique, la fabrication des dépôts, le débit, le transport par terre et par eau, le mode d'emploi, la détention et le port des poudres ordinaires, de toutes autres substances explosibles et d'engins meurtriers agissant par explosion.

» Il peut les subordonner à une autorisation dont il fixera les conditions et qui sera toujours révocable.

» Les autorisations existantes pourront également être révoquées. »

ART. 2. — Si la fabrication, les dépôts, le débit, le transport par terre et par eau, l'emploi, la détention et le port des poudres ordinaires, de toutes autres substances explosives et d'engins meurtriers agissant par explosion, ont eu lieu

[1] ART. 7. — Abrogé par la loi du 22 mai 1886 et remplacé par l'article 4 de cette dernière loi.

dans l'intention de commettre ou de faire commettre un crime contre les personnes ou les propriétés, le coupable sera puni de la réclusion et d'une amende de 100 francs à 4,000 francs.

S'ils ont eu lieu dans l'intention de commettre ou de faire commettre un délit, le coupable sera puni d'un emprisonnement de huit jours à un an et d'une amende de 26 à 500 fr.

Art. 3. — Les substances et engins saisis seront confisqués et pourront être détruits. La destruction pourra avoir lieu même avant la condamnation si l'intérêt de la sécurité publique l'exige.

Art. 4. — Le chapitre VII du livre premier du *Code pénal*, les §§ 2 et 3 de l'article 72, le § 2 de l'article 76 et l'article 85 seront appliqués aux infractions prévues par la loi du 15 octobre 1881 et par la présente loi.

L'article 7 de la loi du 15 octobre 1881 est abrogé.

Promulguons la présente loi, ordonnons qu'elle soit revêtue du sceau de l'État et publiée par la voie du *Moniteur*.

Donné à Laeken, le 22 mai 1886.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de la Justice,

J. Devolder.

Scellé du sceau de l'État :

Le Ministre de la Justice,

J. Devolder.

Arrêté royal du 29 octobre 1894

PORTANT RÈGLEMENT GÉNÉRAL SUR LES FABRIQUES, LES DÉPOTS, LE DÉBIT, LE TRANSPORT, LA DÉTENTION ET L'EMPLOI DES PRODUITS EXPLOSIFS.

—

RAPPORT AU ROI.

Sire,

Le règlement général du 1er décembre 1891 concernant les produits explosifs, pris en exécution des lois du 15 octobre 1881 et du 22 mai 1886, a soumis la fabrication, le transport, l'emmagasinage, le débit, le port et l'emploi des explosifs à un régime très sévère.

Mais l'expérience a prouvé que cette réglementation est incomplète.

Ainsi, le dépôt temporaire des explosifs saisis et confisqués par l'autorité judiciaire ou administrative n'a pas été suffisamment réglementé. De même, les mesures n'ont pas été prises pour empêcher le dépôt prolongé d'explosifs en souffrance dans les gares et les entrepôts.

Des dispositions nouvelles ont également été réclamées par le gouvernement provincial d'Anvers à l'égard de la circulation, du transbordement et du stationnement des explosifs dans l'Escaut maritime.

Votre Majesté a bien voulu instituer une Commission chargée d'étudier ces diverses questions.

Cette Commission a jugé utile d'étendre le programme de ses travaux et elle a examiné d'une façon toute spéciale les mesures destinées à prévenir et à constater plus efficacement les vols et les détournements de produits explosifs. Elle a également proposé de modifier le régime du transport des explosifs par chemin de fer, de manière à permettre une meilleure utilisation du matériel.

Enfin, elle a préconisé de nombreuses modifications de forme à apporter à la rédaction du règlement existant.

Il en résulte la nécessité de procéder à une réimpression complète du règlement général du 1er décembre 1891, de manière à réunir dans une seule réglementation les dispositions existantes et non modifiées, ainsi que les prescriptions nouvelles commandées par la sécurité publique.

C'est cette réimpression que j'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui à la sanction de Votre Majesté.

Les dispositions les plus saillantes de la réglementation nouvelle visent surtout le commerce de la dynamite.

Désormais, aucune cartouche de dynamite ne sortira des fabriques, sans être munie de marques précises indiquant sa provenance et d'un numéro d'ordre spécial. Une comptabilité minutieuse de ces cartouches est exigée chaque fois qu'elles changent de propriétaire ou de détenteur. Ces dispositions faciliteront les recherches des parquets, dans les cas de détournements ou de vols.

Tous les dépôts contenant de la dynamite seront soumis à une surveillance spéciale de jour et de nuit, sauf les dépôts de faible importance qui, par leur situation, se trouvent nécessairement surveillés.

Enfin, la surveillance des fabriques de produits explosifs particulièrement dangereux, la nuit, est devenue obligatoire.

Ce régime est des plus sévères, mais il est impérieusement réclamé par les exigences de la sécurité générale.

Je suis, avec le plus profond respect,

Sire,

De Votre Majesté,

Le très humble et très fidèle serviteur,

Le Ministre de l'Agriculture,
de l'Industrie et des Travaux Publics,
LÉON DE BRUYN.

Arrêté royal du 29 octobre 1894.

LEOPOLD II, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, SALUT.

Vu les lois du 15 octobre 1881 et du 22 mai 1886 sur les substances explosives;

Vu les arrêtés royaux du 29 janvier 1863, du 27 décembre 1886 et du 31 mai 1888, relatifs à la police des établissements dangereux, insalubres ou incommodes;

Revu les arrêtés royaux du 1er décembre 1891, du 25 février 1892 et du 20 août 1892, lesquels ont pour objet de réglementer la fabrication, le transport, le dépôt, la détention et l'emploi des produits explosifs;

Vu le rapport de la Commission ministérielle chargée d'étudier les questions relatives au transport, au stationnement et au transbordement des produits explosifs dans l'Escaut maritime;

Vu l'avis de la Commision de revision instituée par Notre arrêté du 28 février 1893;

Attendu qu'il importe de réunir en un seul contexte les prescriptions existantes et non modifiées, ainsi que les dispositions nouvelles commandées par la sécurité publique;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics et de Notre Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes,

Nous avons arrêté et arrêtons :

La fabrication, le transport par chemin de fer, par roulage et par eau, les dépôts, l'emmagasinage, la vente ou le débit, l'importation, le transit, la détention, le port et l'emploi des produits explosifs seront désormais régis par les dispositions réglementaires ci-après, indépendamment de celles qui concernent en général la police des établissements dangereux, insalubres ou incommodes :

CHAPITRE Ier.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

ARTICLE PREMIER. — Les produits explosibles soumis à la réglementation sont les produits susceptibles d'être utilisés pour leurs propriétés explosives ou pyrotechniques.

ART. 2. — Au point de vue du présent règlement, ces produits sont classés comme il suit :

I. Poudres.
II. Dynamites.
III. Explosifs difficilement inflammables.
IV. Détonateurs.
V. Artifices.
VI. Munitions de sûreté.

ART. 3. — Un arrêté ministériel contiendra la liste des explosifs reconnus officiellement à la date du présent arrêté, ainsi que leur classement.

Les produits explosifs non indiqués explicitement dans cet arrêté ministériel, ne pourront être fabriqués, mis en vente, vendus, importés ou transportés de quelque façon que ce soit, avant d'avoir été reconnus officiellement et classés par un arrêté ministériel.

Les demandes en reconnaissance et en classement, accompagnées des renseignements à l'appui, seront adressées à M. le Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics, qui pourra autoriser le pétitionnaire à expédier au service de l'inspection des établissements dangereux des échantillons desdits produits.

Les frais occasionnés par la reconnaissance pourront être mis à la charge des demandeurs.

ART. 4. — Des échantillons des produits reconnus pourront être réclamés en tout temps par le service de l'inspection des établissements dangereux, insalubres ou incommodes, à Bruxelles, et par le laboratoire de l'administration des chemins de fer de l'État, à Malines.

ART. 5. — Les personnes habitant l'étranger et exploitant sur le territoire belge une fabrique ou un dépôt de produits explosifs, devront avoir un représentant responsable, résidant en Belgique et agréé par le Gouvernement.

CHAPITRE II.

CLASSEMENT DES FABRIQUES ET DES MAGASINS.

ART. 6. — Sauf les exceptions prévues aux articles 274, 278, 294, 295, 296 et 298, les fabriques et les magasins ou dépôts de produits explosifs sont soumis au régime des établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Ces fabriques et magasins sont classés de la manière suivante :

A. — *Fabriques.*

1° Fabriques de tous produits explosifs ; ateliers de déchargement de cartouches : **1re classe A*** ;

2° Ateliers de chargement de douilles amorcées, pour la vente, chez les armuriers ou autres détaillants : **2de classe.**

Le chargement des douilles de chasse et la préparation des cartouches de mines, pour l'usage privé, ne sont pas soumis à autorisation.

B. — *Magasins.*

3° Magasins ou dépôts ne contenant que des poudres en quantités dépassant 50 kilogrammes : **1re classe A;**

4° Magasins ou dépôts ne contenant que des poudres, en quantités ne dépassant pas 50 kilogrammes : **2de classe;**

5° Magasins ou dépôts contenant des dynamites ou des explosifs difficilement inflammables, en n'importe quelle quantité : **1re classe A;**

6° Dépôts des débitants patentés, limités comme il est dit à l'article 306 : **2de classe;**

7° Dépôts d'artifices ou de munitions de sûreté, autres que ceux des débitants patentés : **1re classe A;**

8° Dépôts affectés uniquement à la conservation de détonateurs : **1re classe A.**

ART. 7. — Par dérogation aux articles 3, 6, 127 et 226, la fabrication de produits nouveaux à titre d'essai, la conservation et le transport d'échantillons de ces produits pourront être autorisés par le Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics.

ART. 8. — Toute demande en établissement de fabriques ou de magasins de la 1re classe sera soumise à l'avis du service de l'inspection des établissements dangereux, qui proposera, éventuellement, les conditions techniques à attacher à l'octroi d'autorisation.

Les demandes concernant les dépôts de 1re classe dépendant des mines, minières ou des carrières citées à l'article 341 seront, en outre, soumises à l'avis des ingénieurs des mines.

Les demandes concernant les dépôts de 2e classe dépendant des mines, minières ou des carrières citées à l'article 341 seront soumises uniquement à l'avis des ingénieurs des mines.

ART. 9. — On ne pourra, sans autorisation nouvelle, dans les fabriques ou magasins, apporter aucun changement ni addition notables (c'est-à-dire susceptibles d'aggraver les risques), soit dans la disposition ou la destination des locaux, soit dans la nature ou les quantités de matières dangereuses à emmagasiner ou à fabriquer.

Art. 10. — Les autorisations d'établissement de fabriques ou de magasins pourront être suspendues ou retirées, sans aucune indemnité, en cas d'inexécution des conditions essentielles de l'autorisation ou d'inobservation grave des lois et règlements généraux sur la matière.

Art. 11. — Les administrations communales transmettront aux Gouverneurs une copie de leurs arrêtés concernant l'établissement d'ateliers ou de magasins de la deuxième classe.

Une expédition de tous arrêtés concernant les fabriques, magasins ou dépôts de produits explosifs soumis au régime des établissements dangereux, insalubres ou incommodes sera adressée, par les Gouverneurs, au Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics, ainsi qu'au Procureur du Roi dans le ressort duquel l'établissement est situé.

CHAPITRE III.

FABRICATION.

1re Section.

Dispositions générales applicables à toutes les fabriques de la 1re classe.

Art. 12. — Les fabriques de produits explosifs devront se trouver à distance des habitations ou des endroits fréquentés; cette distance dépendra de l'importance et des dangers de la fabrication.

Art. 13. — On prendra, dans toute fabrique, les précautions nécessaires pour prévenir les accidents et pour atténuer et localiser ceux qui viendraient à se produire.

Art. 14. — Le nombre des locaux dangereux (c'est-à-dire contenant des matières inflammables ou explosives), leur emplacement, leur mode de construction et de protection seront déterminés, dans chaque cas particulier, par l'arrêté d'autorisation.

Tous les locaux seront d'une évacuation facile et pourvus de portes ouvrant vers l'extérieur.

Art. 15. — Les locaux dangereux devront être clôturés, soit dans leur ensemble, soit par sections, soit séparément; le mode de clôture sera déterminé par l'arrêté d'autorisation.

Art. 16. — Le même arrêté fixera le nombre et la nature des appareils de fabrication, le nombre maximum d'ouvriers et la quantité maximum de matières explosives que chaque local dangereux pourra contenir.

Art. 17. — Chaque atelier dangereux portera une inscription bien apparente, peinte à l'huile, indiquant sa destination et, s'il y a lieu, sa contenance maximum en produits explosibles.

Art. 18. — Le fer et l'acier seront exclus, autant que possible, des parties travaillantes, en contact avec des matières dangereuses, des appareils et ustensiles.

Les appareils mécaniques seront construits avec précision, surveillés et entretenus de façon à éviter les frottements, les chocs ou les à-coups susceptibles d'amener des inflammations ou des explosions. La mise en train et l'arrêt se feront d'une manière progressive.

On évitera également les frottements ou les chocs dangereux dans le maniement des ustensiles ou des outils.

Art. 19. — On se prémunira, autant que possible, contre l'introduction de poussier entre les pièces frottantes des appareils de fabrication.

Art. 20. — Les matières premières ou les produits à retravailler seront soigneusement débarrassés des impuretés qui pourraient provoquer des explosions.

Art. 21. — On n'approvisionnera les ateliers dangereux qu'à mesure des besoins, et on enlèvera aussi fréquemment que possible les matières élaborées, de façon que la contenance maximum fixée par l'arrêté ne soit jamais dépassée. On prévoira, au besoin, de petits dépôts auxiliaires pour satisfaire à cette prescription.

Art. 22. — Les transports à l'intérieur de la fabrique ne pourront s'effectuer que dans des récipients fermés ou bâchés. Toutefois on pourra transporter la nitroglycérine dans des récipients ouverts, à condition de prendre les précautions nécessaires pour éviter tout épanchement.

Art. 23. — Les divers locaux ne pourront contenir que les objets indispensables au travail.

Art. 24. — Tous les locaux, appareils, ustensiles et outils seront constamment entretenus en parfait état de propreté.

Art. 25. — Les produits souillés seront déposés dans des récipients spéciaux et arrosés. Ils seront utilisés ou détruits de la façon indiquée dans l'arrêté d'autorisation.

Art. 26. — Toute réparation dans un atelier dangereux sera faite en présence d'un surveillant, après qu'on aura enlevé toutes les matières explosibles et arrosé ou nettoyé les parties à réparer.

Art. 27. — Sauf l'exception prévue à l'article 30, il n'y aura ni feu ni lumière à l'intérieur ni à proximité des locaux dangereux et il sera interdit d'y pénétrer avec des pipes, des allumettes ou objets quelconques susceptibles de produire du feu ou des étincelles.

Art. 28. — Il est interdit de déposer dans les locaux dangereux des matières spontanément inflammables (charbon de bois récemment calciné, chiffons gras, etc.).

Art. 29. — Les bâtiments dangereux ne pourront être chauffés que par circulation d'eau chaude, d'air chauffé à la vapeur ou de vapeur à basse pression. Les foyers seront placés à distance, et à l'extérieur des parapets, s'il en existe.

Art. 30. — Lesdits bâtiments ne pourront être éclairés qu'au moyen de lampes placées à l'extérieur. Un ouvrier spécial sera chargé d'allumer, de régler et d'éteindre ces lampes. Les autres conditions concernant l'éclairage seront fixées, s'il y a lieu, dans chaque cas particulier, par l'arrêté d'autorisation.

Art. 31. — Des dispositions efficaces seront prises pour combattre les incendies.

Art. 32. — On disposera, au voisinage des locaux dangereux, des réservoirs pleins d'eau, dans lesquels les ouvriers puissent se plonger en cas de brûlures, ou puiser de l'eau en cas d'incendie.

Art. 33. — L'arrêté d'autorisation déterminera, s'il y a lieu, les ateliers dangereux sur lesquels devront être placés des paratonnerres, ainsi que les conditions d'établissement de ces appareils.

Le travail sera suspendu, pendant les orages, dans tous les locaux dangereux.

Art. 34. — L'établissement sera pourvu d'une boîte de secours contenant les objets nécessaires à un premier pansement en cas de brûlures, fractures, etc.

Art. 35. — On prendra les précautions nécessaires pour préserver les ouvriers des atteintes des organes mécaniques (garde-fous, couvre-engrenages, enveloppes de courroies, etc.).

Art. 36. — Les ouvriers employés dans les ateliers dangereux porteront préférablement des vêtements de dessus en laine. Ils n'entreront dans les ateliers que déchaussés ou qu'avec des chaussures dépourvues de clous.

Art. 37. — Aucun ouvrier ne pourra se rendre dans un atelier autre que le sien sans y être appelé pour son service.

Art. 38. — Aucun étranger ne pourra pénétrer dans la fabrique s'il n'est accompagné d'un surveillant.

Art. 39. — Toute fabrique sera dirigée, au point de vue technique, par un homme capable qui devra être agréé par la députation permanente.

En cas d'absence, le patron ou le directeur technique sera remplacé par un employé désigné par lui à cet effet.

Le directeur technique ou un délégué de celui-ci, agréé par la députation permanente, habitera à moins d'un kilomètre de l'établissement.

Art. 40. — Dans toutes les fabriques, les locaux dangereux seront gardés et surveillés pendant le travail et pendant les interruptions de celui-ci par un nombre suffisant d'hommes de confiance (contre-maîtres ou surveillants). Les portes en seront fermées à clef pendant les suspensions de travail et pendant la nuit.

En outre, les fabriques de poudres autres que celles fusant à l'air libre, de dynamites, d'explosifs difficilement inflammables et de poudres fulminantes seront surveillées, pendant la nuit, par des hommes armés.

Les députations permanentes désigneront, pour chacune de ces fabriques, les locaux qui devront être soumis à la surveillance de nuit et à l'extérieur desquels devront être apposés des appareils enregistreurs de ronde, destinés à contrôler le passage des gardiens.

Ce passage s'effectuera toutes les heures au moins; les indications des appareils enregistreurs seront conservées dans un registre *ad hoc*.

Art. 41. — Les ouvriers travaillant dans les locaux dangereux devront avoir au moins 16 ans révolus et présenter toutes garanties de bonne conduite et de moralité.

Art. 42. — Un règlement général d'ordre intérieur sera affiché, d'une manière bien apparente, dans les divers locaux. On affichera en outre dans chaque atelier, s'il y a lieu, le règlement spécial à cet atelier.

Ces règlements seront communiqués au service de l'inspection des établissements dangereux.

Art. 43. — Les établissements rangés dans la 1re classe ne pourront fonctionner qu'après qu'il aura été procédé à une visite des lieux, par un fonctionnaire du service de l'inspection des établissements dangereux, et que, sur le vu du procès-verbal de cette visite, le Gouverneur aura autorisé, s'il y a lieu, la mise en activité.

Art. 44. — Les députations permanentes pourront, dans certains cas particuliers, sur l'avis du service de l'inspection des établissements dangereux et par des ordonnances motivées, autoriser des modifications aux prescriptions concernant la fabrication.

Art. 45. — Il est accordé un délai d'un an, à partir du 1er février 1895, aux fabriques existantes, pour se conformer aux prescriptions de l'alinéa 3 de l'art. 39.

2e Section.

Dispositions spéciales aux poudres autres que celles à base de nitrocellulose.

Art. 46. — Le charbon de bois sera conservé dans un magasin spécial construit en matériaux incombustibles.

Art. 47. — On ne pourra introduire, dans les mélanges, du charbon de bois n'ayant pas séjourné au moins vingt-quatre heures à l'air libre.

Art. 48. — Les commandes principales des appareils mécaniques servant à

l'élaboration de produits dangereux seront, autant que possible, placées à l'extérieur des locaux.

ART. 49. — Dans les installations nouvelles, les meules de trituration seront en fonte et suspendues. Les meules en pierre existantes ne pourront faire plus de cinq tours par minute.

ART. 50. — La température des séchoirs ne pourra dépasser 60 degrés centigrades.

ART. 51. — En temps de grande sécheresse, l'aire des ateliers dangereux où l'on manipule des matières sèches sera fréquemment arrosée.

ART. 52. — Les ouvriers ne pourront stationner, sans nécessité, au voisinage des ateliers dangereux en activité.

3e Section.

Dispositions spéciales aux nitrocelluloses.

ART. 53. — Les appareils de nitrification seront disposés de façon à prévenir tout échauffement pendant la réaction et à soustraire les ouvriers à l'action des vapeurs nitreuses.

ART. 54. — Le lavage des produits sera prolongé jusqu'à neutralité parfaite.

ART. 55. — Les nitrocelluloses devront supporter, sans altération, des épreuves de stabilité qui seront déterminées par arrêté ministériel [1].

Les fabricants fourniront aux inspecteurs les moyens d'effectuer ces épreuves.

ART. 56. — Le mode d'utilisation des acides faibles et le mode de traitement des eaux de lavage seront fixés par l'arrêté d'autorisation.

ART. 57. — On n'écoulera au dehors que des eaux neutres ou légèrement alcalines.

ART. 58. — Les nitrocelluloses non comprimées ni granulées seront conservées à l'état humide jusqu'au moment de leur utilisation.

ART. 59. — La disposition des séchoirs et la température maximum de chacun d'eux seront déterminées par l'arrêté d'autorisation.

4e Section.

Dispositions spéciales aux dynamites proprement dites. (Explosifs à base de nitroglycérine.)

ART. 60. — On n'emploiera, pour la fabrication de la nitroglycérine, que des matières suffisamment pures.

ART. 61. — Les appareils de nitrification seront clos et pourvus de moyens de réfrigération et d'agitation énergiques.

La glycérine y sera introduite lentement, de façon à ce que l'échauffement dû à la réaction ne dépasse pas 30 degrés centigrades.

Des thermomètres très sensibles permettront de contrôler la température. On devra pouvoir noyer rapidement le mélange en cas d'échauffement inquiétant.

ART. 62. — Les opérations de nitrification se feront sous la surveillance du

[1] Les épreuves prévues aux articles 55 et 68 ont été déterminées par l'arrêté ministériel du 31 octobre 1894. Voir annexe n° 1, page 839.

directeur technique ou d'un contre-maître expérimenté. Un refuge facilement accessible sera ménagé dans le parapet de l'atelier, pour servir en cas d'alerte.

Art. 63. — Le lavage de la nitroglycérine se fera dans un local distinct, le jour même de sa préparation, et sera prolongé jusqu'à neutralité parfaite. Celle-ci sera toujours contrôlée par le directeur ou par le chef de fabrication.

Art. 64. — La nitroglycérine lavée sera conservée, soit dans l'atelier de lavage, soit dans un dépôt spécial. Elle sera contenue dans des récipients en bois doublés de plomb et protégée contre l'introduction de toute matière étrangère.

Art. 65. — Les métaux durs, tels que le fer, la fonte ou l'acier, ne peuvent entrer dans la construction des récipients destinés à contenir la nitroglycérine.

Art. 66 — Le mode d'utilisation des acides faibles et le mode de traitement des eaux de lavage seront fixés par l'arrêté d'autorisation.

Art. 67. — On ne pourra écouler au dehors que des eaux neutres ou faiblement alcalines.

Art. 68. — Les dynamites diverses devront supporter, sans altération, des épreuves de stabilité qui seront déterminées par arrêté ministériel.

Les fabricants fourniront aux inspecteurs les moyens d'effectuer ces épreuves.

Art. 69. — On desséchera et on tamisera les matières absorbantes, et l'on se précautionnera contre toute introduction de corps durs dans la pâte à encartoucher.

Art. 70. — Les dynamites ne pourront exsuder sous la pression à laquelle elles sont soumises lors de l'encartouchage.

Art. 71. — Il ne pourra y avoir plus d'une presse dans chaque cartoucherie mécanique, ni plus de trois ouvriers dans chaque cartoucherie à la main.

L'encartouchage mécanique sera suspendu pendant la présence des servants.

Art. 72. — Les presses à cartouches seront construites avec la plus grande précision et seront l'objet d'une surveillance attentive. Elles seront démontées au moins une fois par semaine et soumises dans toutes leurs parties à une vérification minutieuse. On suspendra immédiatement le travail aux presses qui viendraient à se déranger et l'on préviendra un surveillant.

Art. 73. — Les encartoucheurs seront payés à la journée et non à la tâche ; on veillera à ce que la manœuvre des presses à cartouches se fasse sans précipitation.

Art. 74. — Il ne pourra rester de pâte à encartoucher, à la fin de la journée, ailleurs qu'à l'atelier d'incorporation.

Art. 75. — Les ateliers de lavage, d'incorporation, d'encartouchage et d'emballage seront constamment maintenus à une température qui ne sera jamais inférieure à 12 degrés centigrades.

Art. 76. — Le sol des ateliers dangereux autres que ceux de nitrification et de lavage, rendu imperméable, sera recouvert d'une couche absorbante de sciure de bois ou de sable. On enlèvera et on renouvellera, chaque semaine, la partie supérieure de cette couche.

Le sol de l'atelier de lavage sera recouvert d'une feuille de plomb épaisse ou d'un tapis imperméable. Il sera lessivé à la fin de chaque journée.

Art. 77. — Tous les appareils et ustensiles susceptibles de retenir de la nitroglycérine seront lessivés quotidiennement.

Art. 78. — Tous les résidus ou matières quelconques non débarrassés de nitroglycérine seront réunis chaque soir et brûlés dans un endroit écarté et avec les précautions convenables, sous la direction d'un surveillant.

5e Section.

Disposition spéciale aux explosifs difficilement inflammables.

ART. 79. — Les appareils d'incorporation des nitrates avec les composés nitrés seront disposés de façon à soustraire les ouvriers aux émanations de ces derniers composés.

6e Section.

Dispositions concernant les poudres fulminantes servant à la confection d'amorces et de détonateurs proprement dits.

A. — FULMINATE DE MERCURE ET POUDRES FULMINANTES QUI EN CONTIENNENT.

ART. 80. — Toute fabrique aura au moins :

1° Un magasin spécial de matières premières ;

2° Un atelier de dosage des matières premières et de fabrication de fulminate humide, avec une annexe pour la saturation et la distillation des liqueurs éthérées, si l'on effectue ces opérations. Cette dernière annexe sera à cinq mètres au moins de l'atelier principal ;

3° Un atelier pour le pesage du fulminate humide et des ingrédients à mélanger ;

4° Un atelier pour le mélange du fulminate humide avec ces ingrédients, ainsi que pour le grenage et le séchage de la poudre fulminante. (Le mélange proprement dit pourra aussi s'effectuer dans l'atelier de pesage.)

5° Deux armoires-magasins, l'une pour le fulminate humide, l'autre pour le fulminate sec ou la poudre fulminante.

ART. 81. — On emmagasinera séparément les matières premières présentant un danger d'inflammation ou d'explosion.

ART. 82. — L'atelier mentionné au § 2° de l'article 80 ne contiendra que les quantités d'acide, d'alcool et de liqueurs éthérées nécessaires au travail d'une journée.

ART. 83. — Cet atelier sera parfaitement ventilé. L'appareil servant à la réaction sera muni d'un condenseur et d'un tuyau de dégagement débouchant au-dessus du toit.

ART. 84. — Le nitrate de mercure se préparera à froid, ou à chaud sur bain de sable. On prendra les précautions nécessaires pour soustraire le personnel à l'action des vapeurs nitreuses.

ART. 85. — Le fulminate retiré de l'appareil sera immédiatement lavé, introduit dans un vase et conservé sous l'eau. Ce vase sera immédiatement déposé dans l'armoire-magasin au fulminate humide.

ART. 86. — La manière de se défaire ou de tirer parti des eaux-mères, des liqueurs éthérées provenant de la condensation et des eaux de lavage sera indiquée dans l'arrêté d'autorisation.

Si l'on sature et distille les eaux-mères et les liqueurs éthérées, la saturation s'effectuera à l'extérieur, dans un vase clos pourvu d'un tuyau de dégagement.

Les liqueurs éthérées provenant de la condensation ou de la distillation ne pourront être livrées au commerce : elles pourront remplacer une partie de l'alcool dans la préparation du fulminate.

ART. 87. — L'atelier de mélange, de grenage et de séchage sera établi dans une baraque construite en matériaux légers.

Le sol sera recouvert d'asphalte ou de planches fixées au moyen de chevilles en buis, ou enfin de feuilles de plomb de deux millimètres au moins d'épaisseur. Les portes et fenêtres s'ouvriront vers l'extérieur.

On s'opposera à la pénétration des rayons solaires directs.

La baraque sera entourée d'un parapet dont les dimensions seront fixées par l'arrêté d'autorisation.

Art. 88. — A moins que l'arrêté d'autorisation n'en dispose autrement, le mélange du fulminate humide avec les autres ingrédients, ainsi que le grenage de la poudre fulminante, se feront à la main.

Art. 89. — Les armoires-magasins mentionnées à l'article 80 seront placées sous un léger abri et entourées d'un parapet de dimensions suffisantes pour protéger les ateliers voisins.

Un ouvrier de confiance sera chargé de prendre ou de déposer le fulminate ou la poudre fulminante dans ces armoires.

Art. 90. — Le fulminate sec et la poudre fulminante ne seront préparés que pour les besoins d'une journée.

B. — Fulminate d'argent.

Art. 91. — Le fulminate d'argent ne pourra être préparé qu'en très petite quantité à la fois. Les mesures de précaution à observer, analogues à celles qui viennent d'être prescrites à l'égard du fulminate de mercure, seront fixées, dans chaque cas particulier, par l'arrêté d'autorisation.

C. — Autres poudres fulminantes.

Art. 92. — Le mélange des ingrédients se fera à l'état humide.

On n'opérera que sur de faibles quantités et en prenant toutes précautions pour éviter les chocs ou frottements susceptibles de provoquer des explosions.

7e Section.

Fabriques d'amorces, de détonateurs proprement dits, etc. (capsuleries).

Art. 93. — Toute fabrique comprendra au moins :

1° Un ou plusieurs ateliers de chargement;

2° Un atelier d'emballage;

3° Un magasin spécial pour les capsules finies.

Art. 94. — L'atelier de chargement sera construit et entouré conformément aux prescriptions de l'article 87.

L'arrêté d'autorisation pourra dispenser de la construction d'un parapet.

Art. 95. — Les chargeoirs seront placés en dehors de l'atelier, sous un petit abri en carton goudronné; les glissières seront mises en mouvement par un levier coudé ou par une vis à manivelle.

Chaque chargeoir ne pourra contenir plus de 200 grammes de poudre fulminante.

Art. 96. — L'ouvrier chargeur sera abrité par un bouclier en tôle, de 10 millimètres d'épaisseur au moins; ce bouclier sera bombé et aura sa face convexe tournée vers l'ouvrier.

La table sur laquelle seront déposées les capsules chargées sera recouverte d'une toile cirée noire. Le pressage, la vérification, le vernissage, le comptage et l'emballage se feront avec régularité, méthode et, s'il est possible, mécaniquement.

Art. 97. — Les presses à détonateurs seront pourvues de boucliers garantissant les ouvriers contre les explosions.

Art. 98. — Aussitôt qu'on apercevra de la poudre tombée, soit sur la table près du chargeur, soit sur la presse, soit ailleurs, on l'enlèvera au moyen d'éponges humides.

Ces éponges seront lavées dans un même vase, qui devra être toujours plein d'eau, et au fond duquel sera recueillie la matière fulminante. L'eau surnageante sera ajoutée aux eaux-mères mentionnées à l'article 86.

Art. 99. — Le chef d'atelier veillera à ce que les capsules rebutées ne s'accumulent pas dans l'atelier; il les fera éclater, à la fin de la journée, en les jetant par petites portions dans un feu allumé en plein air, ou dans un four disposé à cet effet.

Art. 100. — Les séchoirs, s'il en existe, seront construits en matériaux incombustibles et chauffés par circulation d'eau chaude ou de vapeur à basse pression.

8e Section.

A. — Confection en grand des cartouches (cartoucheries).

Art. 101. — L'atelier de chargement sera isolé, ou établi dans une pièce spéciale séparée des autres par des cloisons en matériaux incombustibles.

Le local ne sera accessible qu'aux ouvriers chargés du travail.

Art. 102. — Dans les ateliers occupant plusieurs ouvriers, ceux-ci seront éloignés les uns des autres ou séparés par des cloisons protectrices.

La quantité de poudre existant dans l'atelier ne pourra dépasser 5 kilogrammes (non compris la poudre contenue dans des cartouches de sûreté).

Art. 103. — La poudre sera distribuée aux chargeurs par un seul et même agent, qui emportera également les cartouches chargées.

B. — Confection des cartouches chez les débitants.

Art. 104. — Les armuriers et autres débitants ne peuvent confectionner que des cartouches de sûreté.

La confection de ces cartouches est soumise aux prescriptions suivantes :

1° Il ne pourra y avoir, dans le local affecté au chargement, plus de 3 kilogrammes de poudre libre (non compris la poudre contenue dans les cartouches déjà confectionnées);

2° Ce local ne pourra servir à aucun autre usage pendant le chargement;

3° Il n'y aura, dans ledit local, ni feu ni lumière pendant le chargement. On ne pourra s'y éclairer qu'à l'aide d'une lampe à huile végétale placée à l'extérieur, derrière une glace épaisse, ou placée à l'intérieur, dans une cage en verre.

Art. 105. — Les cartouches de sûreté chargées ne pourront être conservées dans le même local que la poudre libre; elles seront empaquetées et déposées dans un local spécial ou dans la boutique.

9e Section.

Ateliers d'artificiers.

ART. 106. — On ne pourra employer, dans les compositions, des matières premières qui, par leur nature ou leur état d'impureté, pourraient donner lieu à des décompositions ou réactions susceptibles d'amener l'inflammation des produits confectionnés.

ART. 107. — Les compositions chloratées seront préparées et conservées dans des locaux spéciaux. Les matières constituantes de ces compositions seront broyées séparément et mélangées au tamis de soie. On évitera les chocs et les frottements dans les manipulations.

ART. 108. — La préparation des compositions se fera sur des tables à rebords, ne présentant ni fentes ni cavités et recouvertes de toiles cirées.

ART. 109. — Dans les ateliers de chargement, les ouvriers seront éloignés les uns des autres ou séparés par des écrans protecteurs suffisamment étendus et résistants.

CHAPITRE IV.

EMBALLAGE.

1re Section.

Dispositions générales.

ART. 110. — Sauf l'exception prévue à l'article 122, chaque colis ne pourra contenir qu'une même espèce de produits.

ART. 111. — Les produits seront parfaitement assujettis dans leurs enveloppes, de façon qu'ils ne puissent ballotter.

ART. 112. — Les caisses porteront, sur deux faces au moins, l'inscription : *Matière explosive* ou : *Munitions de sûreté*, selon les cas, peinte ou imprimée d'une façon bien apparente. Les barils porteront cette inscription sur les fonds.

Pour les produits de commerce intérieur, chaque colis portera, en outre, une étiquette indiquant le nom ou la raison sociale du fabricant, ainsi que la nature précise et le poids net du contenu.

ART. 113. — Notre Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics et Notre Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes pourront, dans des cas spéciaux et par arrêté motivé, autoriser certaines dérogations aux prescriptions concernant l'emballage.

2e Section.

Poudres.

ART. 114. — Les cartouches industrielles de poudre comprimée ou non, pour la consommation intérieure, réunies dans une même caisse, pèseront le même poids qui sera de 25 grammes, un multiple de ce chiffre, ou un sous-multiple de 1000 grammes, avec une tolérance de 5 p. c. en plus ou en moins. Le poids des cartouches sera indiqué sur la caisse.

* Art. 115. — Les poudres en poussier ou en grains seront contenues dans des récipients métalliques en laiton ou en fer-blanc, suffisamment solides et fermant hermétiquement, ou bien dans des sacs en tissu suffisamment serré pour empêcher tout tamisage.

Par exception, les sacs ou récipients métalliques précités ne sont pas obligatoires pour les poudres d'exportation chargées sur bateau à proximité des fabriques.

Les cartouches de poudres comprimées, entourées chacune de papier, seront contenues dans une enveloppe de papier fort.

Les poudres, conditionnées comme il vient d'être dit, seront emballées dans des barils on des caisses satisfaisant aux conditions ci-après :

1° Le poids brut de chaque colis ne pourra dépasser 35 kilogrammes, s'il s'agit de poudre de commerce intérieur ou de toute poudre transportée par chemin de fer, ni 65 kilogrammes, s'il s'agit de poudre d'exportation transportée par roulage ou par eau;

2° Les barils seront en bois bien sain (chêne, hêtre, châtaignier ou peuplier); les couvercles auront 10 millimètres d'épaisseur au moins, de même que les douves, lesquelles seront bien jointes. Les cercles seront en bois et ne pourront être fixés qu'à l'aide de clous en laiton ou en fer galvanisé. Les barils seront hermétiquement fermés, de façon que le contenu ne puisse tamiser.

Les barils peuvent être remplacés par des cylindres en fer galvanisé ou en laiton, ou des cylindres en papier comprimé dits « Fûts américains. » Le joint du couvercle de ces cylindres sera garni d'une rondelle en caoutchouc ou en carton, et les boulons et écrous seront en laiton;

3° Les caisses seront en planches jointives de 10 millimètres d'épaisseur au moins. Ces planches pourront être assemblées au moyen de pointes en fer à tête noyée, mais les couvercles seront fixés au moyen de chevilles en bois ou au moyen de vis en laiton ou en fer galvanisé.

Les caisses dont le poids brut dépasse 35 kilogrammes seront pourvues de poignées non métalliques ou de tasseaux solidement fixés et permettant un maniement facile.

3e Section.

Dynamites.

Art. 116. — Les cartouches de dynamite proprement dite seront pourvues d'une enveloppe solide et étanche, en papier ou en métal très mince.

Ces cartouches ne seront ni amorcées, ni munies d'aucun moyen d'inflammation.

Celles qui sont destinées à la consommation intérieure pèseront 100 ou 50 grammes, avec tolérance de 3 grammes en plus ou en moins. Chacune d'elles portera sur son enveloppe, en caractères bien apparents :

1° L'inscription : *Dynamite, matière explosive ;*

2° La dénomination commerciale du produit;

3° Le nom ou la raison sociale du fabricant;

4° L'indication du poids réglementaire;

5° L'année de la fabrication;

6° Un numéro d'ordre distinct;

* Tous les articles précédés d'un astérique sont modifiés *(voir aux annexes)*.

Les cartouches destinées à l'étranger porteront sur leur enveloppe le nom ou la raison sociale du fabricant. Leur poids ne pourra excéder 250 grammes.

Les cartouches conditionnées comme il vient d'être dit, seront emboîtées par quantités de 2 1/2 kilogrammes au maximum, dans du carton qui sera enveloppé de papier fort et ficelé.

Les vides entre les cartouches seront remplis de sciure de bois ou de toute autre matière pulvérulente et sèche susceptible d'absorber la nitroglycérine qui viendrait à exsuder.

Les boîtes seront placées, sans vides, dans des caisses en bois à planches jointives, ayant au moins 15 millimètres d'épaisseur et constituées comme il est dit a l'article 115, sauf qu'elles seront toujours munies de poignées non métalliques ou de tasseaux, et que le poids brut d'une caisse ne pourra excéder 35 kilogrammes [1].

En outre, les dynamites destinées à être transportées par eau devront toujours être contenues dans une enveloppe imperméable (sac en toile caoutchoutée, boîte en zinc, etc.). Toutefois, cette enveloppe n'est pas obligatoire pour les dynamites chargées sur bateau à proximité des fabriques pour être dirigées sur une station de chemin de fer voisine de celles-ci, à condition qu'il n'y ait pas d'autre parcours à effectuer par eau, à l'intérieur du pays.

[1] Des dérogations ont été autorisées en faveur des dynamites à exporter en France et en Angleterre, par l'arrêté ministériel ci-après, en date du 31 octobre 1894.

LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DE L'INDUSTRIE ET DES TRAVAUX PUBLICS,

Vu l'article 116 du règlement du 29 octobre 1894, concernant les produits explosifs;

Vu l'article 113 du même règlement;

Attendu que les emballages des dynamites proprement dites, tels qu'ils sont exigés en France et en Angleterre, présentent les mêmes garanties de sécurité que les emballages prescrits en Belgique;

Revu la circulaire du 15 novembre 1892, Administration du Service de santé, hygiène publique et voirie communale, n° 968,

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — Les dérogations ci-après aux prescriptions de l'alinéa 8 de l'article 116 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894, sont autorisées en faveur des dynamites à exporter en ANGLETERRE :

1° Les planches pourront avoir 11 millimètres au moins d'épaisseur, à condition que les caisses ne contiennent pas plus de 50 livres anglaises de dynamite (22 kil. 670), et qu'elles soient renforcées aux deux têtes par des planchettes clouées à la fois aux têtes, fonds et côtés;

2° Les caisses pourront être dépourvues de poignées ou de tasseaux.

ART. 2. — Les dérogations suivantes aux prescriptions de l'alinéa 8 de l'article 116 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894 sont autorisées en faveur des dynamites à exporter en FRANCE :

1° Les planches pourront avoir 11 millimètres au moins d'épaisseur, à condition que le poids brut d'une caisse ne dépasse pas 25 kilogrammes;

2° Les poignées pourront être remplacées par des tasseaux en bois permettant de glisser les mains en dessous des caisses pour les soulever.

LÉON DE BRUYN.

* Art. 117. — Les cartouches industrielles de nitrocellulose destinées à la consommation intérieure, devront satisfaire aux prescriptions des alinéas 2 et 3 de l'article 116. On en formera des paquets enveloppés de papier fort, qui seront placés, sans vides, dans des caisses métalliques ou dans des caisses en bois constituées comme il est dit à l'article 115.

Le poids brut des colis ne dépassera pas 35 kilogrammes pour les produits expédiés par chemin de fer; il ne dépassera pas 65 kilogrammes, en cas de transport par roulage ou par eau.

Les nitrocelluloses non comprimées devront contenir au moins 20 °/₀ d'eau. Elles seront tassées dans des récipients étanches et résistants, de façon à éviter tout frottement et toute perte d'humidité.

Toutefois, le coton à collodion pourra être transporté à l'état sec, à condition d'être placé dans des récipients métalliques hermétiquement fermés, emballés eux-mêmes dans des caisses en bois suffisamment solides. Chaque caisse ne pourra renfermer plus de 1 kilogramme de coton à collodion, et chaque véhicule de transport ne pourra en contenir plus de 5 kilogrammes.

4e Section.

Explosifs difficilement inflammables.

Art. 118. — Ces produits ne pourront être expédiés que sous forme de cartouches qui ne pourront être ni amorcées, ni pourvues d'aucun moyen d'inflammation.

Les cartouches qui sont destinées à la consommation intérieure pèseront 25 grammes, un multiple de ce chiffre ou un sous-multiple de 1000 grammes, avec tolérance de 3 grammes en plus ou en moins. Chacune d'elles portera, sur son enveloppe, en caractères bien apparents :

1° L'inscription : *Matière explosive;*
2° La dénomination commerciale du produit;
3° Le nom ou la raison sociale du fabricant;
4° L'indication du poids réglementaire;
5° L'année de la fabrication;
6° Un numéro d'ordre distinct.

Les cartouches seront toujours emballées dans des caisses ou barils bien joints, suffisamment solides, garnis intérieurement de papier fort.

Le poids brut des colis ne pourra dépasser 65 kilogrammes pour les transports par roulage ou par eau, ni 35 kilogrammes, pour les transports par chemin de fer.

5e Section.

Détonateurs.

* Art. 119. — 1° *Détonateurs proprement dits.* Ils seront placés, l'ouverture en haut et au nombre de 100 au plus, dans des boites en fer-blanc, de façon à éviter tout ballottement ou frottement dangereux.

Le fond des boites et le dessous des couvercles seront garnis de drap ou de feutre. Ces boites seront emballées dans une caisse en tôle ou en planches d'épaisseur suffisante, dont le couvercle sera fixé au moyen de vis à bois, et qui sera contenue elle-même dans une seconde caisse en bois, munie de deux signées non métalliques solidement fixées.

L'intervalle entre les deux caisses sera d'au moins 2 centimètres et sera rempli de sciure de bois ou de toute autre matière analogue propre à amortir les chocs.

Le poids brut de chaque colis ne pourra dépasser 35 kilogrammes.

2° *Amorces électriques à détonateurs.*

a) *Amorces électriques à fils métaliques courts.* Elles seront placées debout, au nombre de 100 au plus, dans des boîtes en fer-blanc, et emballées dans une forte caisse en bois qui sera contenue elle-même dans une seconde caisse en bois ou en tôle;

b) *Amorces électriques à fils métalliques longs.* Ces amorces, dont on aura roulé ou replié les fils de manière à protéger autant que possible les détonateurs, seront liées en rouleaux ou faisceaux de 25 au plus.

Ces rouleaux ou faisceaux seront réunis, par 8 au plus, en paquets qu'on enveloppera séparément de papier fort. Les paquets seront emballés, au nombre de 10 au plus, dans des récipients en bois ou en fer-blanc, contenus eux-mêmes dans une caisse en bois ou en tôle suffisamment solide;

c) *Amorces électriques à baguettes en bois.* Ces amorces seront réunies tête-bêche, par bottes de 25 au plus, dont on formera des paquets de 200 pièces au plus. Les paquets, réunis au nombre de 5, seront enveloppés de papier fort et emballés dans un récipient en bois contenu lui-même dans une caisse en bois ou en tôle.

3° *Pétards pour signaux de chemins de fer.* Ces pétards, enveloppés séparément de rognures de papier ou de sciure de bois, seront emballés dans des caisses solides, en bois, dont les couvercles seront fixés au moyen de vis à bois.

Chaque caisse sera contenue dans une seconde caisse en bois.

Le poids brut de chaque colis ne pourra dépasser 35 kilogrammes.

6e Section.

Artifices.

Art. 120. — 1° *Pièces d'artifice.* Les pièces d'artifice, sur les amorces desquelles on aura préablement collé du papier ou du carton, seront enveloppées séparément dans du papier fort et emballées dans des caisses solides, en bois, revêtues intérieurement de papier.

Le poids de chaque colis ne dépassera pas 250 kilogrammes, ni son volume, 1 mètre cube.

Pour les quantités dépassant 5 kilogrammes (poids brut), les petits artifices de joie, tels que pétards, serpenteaux, flammes de Bengale, petites chandelles romaines, soleils-pastilles ou petits moulins, etc., seront empaquetés dans du papier fort et emballés dans des caisses en bois suffisamment résistantes;

2° *Mèches de sûreté, non amorcées, pour mineurs.* Elles seront emballées sans vides dans des caisses ou barils en bois, solides, et dont le volume ne pourra dépasser 1 mètre cube;

3° Les *amorces électriques sans détonateurs* seront emballées dans des caisses en planches jointives et suffisamment résistantes, dont le poids brut ne pourra dépasser 100 kilogrammes;

4° *Étoupilles.* Ces étoupilles à friction ou à percussion, enveloppées par 20 dans du papier fort, seront réunies en paquets ficelés, de 100 pièces chacun, et emballées dans des caisses ou barils suffisamment solides et dont le poids brut ne pourra dépasser 100 kilogrammes;

5° *Bonbons fulminants.* Ils seront contenus dans des cartons emballés eux-mêmes dans des caisses en bois ;

6° *Pois fulminants.* Ils seront en boîtes de carton de 1,000, contenant ensemble un demi-gramme au plus de fulminate d'argent. Ces boîtes, entourées de sciure de bois et enveloppées de papier, seront emballées dans de fortes caisses en tôle ou en bois, ayant un demi-mètre cube au plus de capacité ;

7° *Amorces pour briquets ou pour jouets d'enfants.* Elles seront placées au nombre de 100 au plus dans dans des boîtes en carton, qui seront réunies en paquets de 144 boîtes, dans du papier fort et ficelé. Les paquets seront emballés dans des récipients en forte tôle de fer, ou dans des caisses en bois suffisamment solides.

Le volume des récipients ou des caisses ne pourra dépasser 1 mètre cube 200.

Il existera, entre les parois du récipient ou de la caisse et leur contenu, un espace de 3 centimètres au moins, rempli de sciure de bois, de paille, d'étoupe ou autre matière élastique analogue.

Les cent amorces d'une même boîte ne pourront contenir plus de 75 centigrammes de matière explosive.

7e *Section.*

Munitions de sûreté.

ART. 121. — Les munitions de sûreté devront être expédiées dans les conditions d'emballage ci-dessous :

ART. 122. — Les diverses munitions de sûreté, emballées séparément comme il est dit à l'article précédent, pourront être réunies dans la même caisse, pourvu que le poids brut de celle-ci ne dépasse pas 200 kilogr., ni son volume 1 mètre cube.

Lorsque des amorces en boîtes de carton sont réunies dans le même colis avec des cartouches à broches, les boîtes d'amorces devront être contenues dans une caisse spéciale.

ART. 123. — Les munitions de sûreté, emballées comme il vient d'être dit, pourront être expédiées dans une même caisse avec les armes auxquelles elles sont destinées.

ART. 124. — Les conditions d'emballage prescrites à l'article 121 ne s'appliquent pas aux munitions de sûreté emportées par les particuliers ; il suffira que ces munitions soient contenues dans des récipients fermés.

DÉSIGNATION DES PRODUITS.	EMBALLAGE INTÉRIEUR.	EMBALLAGE EXTÉRIEUR.
Cartouches de guerre métalliques, cartouches de chasse à douille rigide, et cartouches de guerre chargées à poudre seulement.	Empaquetées dans du papier fort ou placées dans des boîtes en carton, en bois, ou en métal.	
Amorces. Appareils percutants. Cartouches de revolver et cartouches Flobert à balle ou à plombs. Cartouches à blanc autres que les cartouches de guerre.	Boîtes en carton, en bois ou en métal.	Caisses en bois suffisamment résistantes pour supporter les manutentions sans risque de rupture.

CHAPITRE V.

TRANSPORT.

—

TITRE I : DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

1re Section.

Produits autres que les munitions de sûreté.

ART. 125. — Les présentes dispositions générales sont applicables aux transports par roulage, par eau, par chemin de fer et à tous ports autres que le port au chantier et le port des explosifs que tout particulier peut détenir. (Art. 310 et 311.)

ART. 126. — Le transport par la poste de tout produit explosif, en si petite quantité que ce soit, est interdit.

ART. 127. — Ne pourront être admis au transport, de quelque manière que ce soit, que les produits reconnus et classés conformément à l'article 3.

ART. 128. — Sont exclus de tout transport :

1° La nitroglycérine non mélangée avec un absorbant ;

2° Les dynamites proprement dites laissant exsuder de la nitroglycérine ;

3° Les cartouches amorcées de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables ;

4° Les fulminates et poudres fulminantes quelconques non renfermés dans des capsules, à l'exception des bonbons ou des pois fulminants et des amorces pour briquets ou pour jouets d'enfants ;

5° Le picrate de potasse.

ART. 129. — Aucun transport de matières explosibles *par quantités dépassant celles que tout particulier peut détenir et transporter*, ne peut s'effectuer, de quelque manière que ce soit, qu'en vertu d'une autorisation administrative.

Aucune autorisation n'est requise pour transporter des artifices.

ART. 130. — Les transports de 75 kilogrammes au plus (poids net) ne peuvent se faire qu'en vertu d'un permis du Bourgmestre, s'ils s'effectuent sur le territoire d'une seule commune, ou du Gouverneur, s'ils ont lieu sur le territoire de deux ou de plusieurs communes. Ces permis fixeront au besoin l'itinéraire à suivre, ainsi que les autres conditions particulières auxquelles le transport pourra être subordonné.

On aura égard, pour l'octroi des permis, aux prescriptions de l'article 139.

Ces permis pourront être permanents, mais seront toujours révocables.

Il pourra être interjeté appel devant les Gouverneurs des décisions des Bourgmestres en cette matière.

ART. 131. — Les transports par quantités supérieures à 75 kilogrammes et ne dépassant pas 300 kilogrammes (poids net), ne pourront se faire qu'en vertu d'un permis du Gouverneur. Ces permis sont valables pour les transports de moins de 75 kilogrammes. Ils peuvent être valables pour toute la province, mais sont limités à celle-ci. Ils peuvent aussi être permanents, mais sont toujours révocables.

Les transports ainsi autorisés pourront se faire en tout temps, sans qu'il soit nécessaire d'en donner avis aux autorités. Ils devront être accompagnés d'une lettre de voiture, datée et signée par l'expéditeur, et mentionnant le permis en vertu duquel ils sont effectués.

Les autorisations accordées pour le transport par roulage ou par eau sont également valables pour le transport par chemin de fer.

Pour les transports par chemin de fer, par quantités ne dépassant pas 300 kilogrammes (poids net), le Gouverneur de la province du lieu d'expédition pourra délivrer des permis valables pour tout le trajet en chemin de fer.

Art. 132. — Les transports de plus de 300 kilogrammes (poids net) ne pourront se faire qu'en vertu d'*autorisations spéciales*, à des époques et suivant un itinéraire fixés d'avance et après avis aux autorités, le tout de la manière indiquée aux articles 133 à 138 ci-après.

Il sera fait mention de l'autorisation sur les lettres de voiture.

Art. 133. — La demande d'autorisation sera adressée au Gouverneur de la province du lieu d'expédition ou du lieu d'entrée en Belgique. Ce fonctionnaire pourra accorder l'autorisation pour tout le trajet et communiquera son arrêté aux Gouverneurs des autres provinces traversées.

Art. 134. — La demande spécifiera la nature et la quantité des produits à expédier, le nombre des voitures, le jour et l'heure du départ, la date exacte et l'heure approximative du passage dans les principales localités à traverser, les lieux de gîte, le lieu de destination avec l'indication des magasins, dûment autorisés, dans lesquels les produits seront déposés.

Pour les transports par chemin de fer, l'indication de l'itinéraire n'est pas obligatoire.

Art. 135. — La demande devra parvenir au Gouverneur douze jours au moins avant le départ projeté; toutefois, ce délai pourra être réduit s'il s'agit de transports à effectuer dans la province, suivant un itinéraire déjà parcouru.

Art. 136. — L'autorisation pourra s'appliquer, non seulement à un transport unique, mais à une *série* d'expéditions successives à faire d'un même point de départ vers une même destination et suivant un même itinéraire.

Les autorisations de l'espèce fixeront la quantité maximum qui pourra être transportée chaque fois. Elles ne pourront être accordées pour plus d'un an et seront toujours révocables. Il n'en pourra être fait usage en cas de troubles dans l'une des localités à traverser : l'expéditeur se conformera strictement, sous ce rapport, aux injonctions des autorités compétentes.

La même réserve est applicable aux transports de 75 kilogrammes (poids net).

*Art. 137. — Tout expéditeur d'un transport de plus de 300 kilogrammes (poids net) devra se conformer aux prescriptions suivantes :

1° Prévenir la police du lieu de départ de la date exacte et de l'heure probable du départ, et ce l'avant-veille au plus tard. L'accomplissement de cette formalité sera constaté par un visa daté, apposé sur la lettre de voiture;

2° Prévenir de la date exacte et de l'heure approximative de l'arrivée la police des lieux de gîte et de destination, et celle des lieux de passage qui lui seront désignés par le Gouvernement. L'avis devra parvenir au moins deux jours d'avance aux autorités susdites;

3° Informer le service de l'inspection des établissements dangereux de la date du départ, vingt-quatre heures au moins avant celui-ci.

Les arrêtés des Gouverneurs prescriront éventuellement, dans chaque cas particulier, les autres avis à donner par les expéditeurs.

La police des lieux de passage et de gîte n'a pas à être prévenue, en cas de transport par chemin de fer.

Art. 138. — Les autorisations de transport spécifieront la nature exacte des produits à transporter; les autorisations délivrées pour une espèce de produits ne pourront s'appliquer à des produits d'une autre nature.

Art. 139. — Les autorisations de transport ne pourront être accordées qu'à des personnes justifiant d'un permis d'emmagasiner, soit au lieu de départ, soit au lieu de destination, les produits à transporter.

Pour les transports dépassant 300 kilogrammes (poids net), à destination de l'intérieur, l'expéditeur devra toujours justifier des autorisations d'emmagasinage aux lieux de destination.

Les quantités transportées en une fois ne pourront dépasser la contenance légale des dépôts destinés à les recevoir.

Les autorisations de transport pourront aussi s'accorder en vertu des permis de dépôt temporaire ou provisoire prévus aux articles 7, 294, 295, 296 et 298.

Art. 140. — Sauf l'exception prévue à l'article 332 en ce qui concerne l'emballage, les produits à transporter devront être conformes aux types reconnus officiellement et satisfaire aux conditions d'emballages prescrites au chapitre IV.

La lettre de voiture portera une déclaration de l'expéditeur constatant que les conditions d'emballage prescrites ont été observées.

L'emballage réglementaire n'est pas obligatoire pour les transports effectués entre les dépôts *C* et les dépôts *D* mentionnés à l'art. 238.

*Art. 141. — Les autorités ou agents compétents auront le droit de vérifier les emballages.

En cas de doute sur la nature ou l'état des produits, ils pourront prélever des échantillons qui seront expédiés au laboratoire du Ministère de l'Agriculture, s'il s'agit de transports par roulage ou par eau, ou au laboratoire de l'Administration des chemins de fer, s'il s'agit de transports par chemins de fer.

Les emballages vérifiés devront être rétablis, par l'expéditeur, dans les conditions prescrites.

*Art. 142. — Il est interdit de transporter simultanément, dans le même véhicule :

1° Des dynamites ou des explosifs difficilement inflammables avec des poudres ;

2° Des dynamites ou des explosifs difficilement inflammables avec des détonateurs ou des amorces.

Il pourra toutefois être dérogé, par l'autorité compétente, a l'interdiction portée au § 1°, lorsque les quantités totales n'excèderont pas 300 kilogrammes.

Les deux interdictions qui précèdent ne s'appliquent pas :

1° Aux navires, en destination de l'étranger, chargés sur l'Escaut à la Pipe de Tabac ou à Liefkenshoek, ni à un navire quittant un port belge pour gagner directement la haute mer ;

2° Aux transports effectués entre les dépôts *C* et les dépôts journaliers *D* mentionnés à l'article 238.

Les mèches de sûreté non amorcées pourront toujours être transportées avec tous les autres produits.

Art. 143. — Les produits divers transportés simultanément, en vertu de l'article 142, seront toujours contenus dans des récipients ou des compartiments séparés.

*Art. 144. — Les explosifs ne peuvent être transportés en même temps que des voyageurs que dans les cas prévus à l'article 174, et en cas de transport par trains mixtes.

Art. 145. — Les personnes employées au chargement et au déchargement des produits susceptibles de tamiser seront déchaussées ou porteront des sandales dépourvues de clous.

*Art. 146. — Il est défendu de consommer des spiritueux pendant les chargements ou déchargements et d'employer à ces travaux des ouvriers pris de boisson.

*Art. 147. — Lorsque les dispositions concernant le transport en général paraîtront trop rigoureuses, eu égard à la nature peu dangereuse de certains produits, ou lorsque des circonstances spéciales l'exigeront, le Ministre compétent pourra autoriser les dérogations qu'il jugera compatibles avec la sécurité publique.

2e Section.

Munitions de sûreté.

Art. 148. — Aucune autorisation administrative n'est nécessaire pour transporter des munitions de sûreté.

Art. 149. — Ces produits doivent satisfaire aux conditions d'emballage prescrites au chapitre IV; les articles 141 et 152 leur sont applicables.

Art. 150. — En ce qui concerne le transport par roulage et par eau, les munitions de sûreté sont considérées comme marchandises ordinaires; quant au transport en chemin de fer, elles ne sont soumises qu'aux dispositions des articles 192 et 193.

Art. 151. — Tout voyageur peut emporter avec lui les quantités de munitions de sûreté que chacun peut détenir (art. 310 et 311).

Ces munitions devront être contenues dans des récipients fermés.

TITRE II : TRANSPORT PAR ROULAGE.

1re Section.

Transport des produits autres que les munitions de sûreté, par quantités ne dépassant pas 300 kilogrammes.

Art. 152. — On évitera soigneusement les chocs dans les manœuvres des barils et des caisses.

Art. 153. — Ces récipients ne seront pas placés debout, mais seront couchés parallèlement à l'axe du véhicule. Ils seront arrimés et assujettis de façon qu'ils ne puissent ballotter.

Art. 154. — Ces transports ne pourront avoir lieu que dans des récipients ou des véhicules soigneusement fermés.

Art. 155. — On se conformera aux prescriptions des articles 142 et 143 concernant le transport simultané de certaines matières explosives.

Art. 156. — Les produits explosifs ne pourront être transportés, par la voie du roulage, en même temps que d'autres marchandises. Toutefois, pour les quantités ne dépassant pas 75 kilogrammes, les poudres, les explosifs difficilement inflammables et les artifices, pourront être transportés par les voitures des messagers, avec d'autres marchandises, pourvu que celles-ci ne soient pas facilement inflammables.

Art. 157. — Le chargement ne pourra se faire que de jour. Il ne pourra y avoir, à proximité du lieu de chargement, ni feu, ni lumière, et il sera interdit de fumer.

Art. 158. — Le fond des voitures transportant des poudres en grains ou en poussier, sera recouvert de prélarts.

Art. 159. — Les transports ne pourront circuler que de jour, à moins de circonstances imprévues obligeant à prolonger le voyage après la tombée de la nuit, par exemple pour gagner le gite prescrit.

Art. 160. — On ne tolérera en route ni feu, ni lumière, ni fumeurs, sur les voitures ou à proximité de celles-ci.

Dans les cas de circulation de nuit prévus à l'art. 159, les voitures seront éclairées, au besoin, au moyen de lanternes construites de façon à résister aux chocs. Ces lanternes, qui ne pourront être alimentées à l'huile minérale, seront allumées et éteintes loin des voitures et portées à la main.

Les lieux de halte et de gîte devront se trouver, autant que possible, à distance des agglomérations. Dans ces lieux, le transport sera gardé par un homme au moins.

Art. 161. — Lorsqu'un transport de plus de 300 kilogrammes aura été réparti sur deux ou plusieurs voitures portant chacune 300 kilogrammes au maximum, ces voitures ne seront considérées comme des transports distincts qu'autant qu'en cours de route elles se trouvent constamment espacées de 100 mètres au moins et que les quantités d'explosifs réunies, soit au point de départ, soit au point d'arrivée, ne dépassent pas 900 kilogrammes.

Art. 162. — Les voitures ne traverseront les localités populeuses que s'il n'existe pas de route permettant de les contourner; on suivra, dans ces localités, l'itinéraire indiqué par l'autorité communale, qui veillera à ce que le passage s'effectue sans retard et sans danger.

Art. 163. — Pendant le déchargement, on observera les mesures de précaution prescrites par l'article 157.

2e Section.

Transport des produits autres que les munitions de sûreté, par quantités dépassant 300 kilogrammes.

Art. 164. — Ces transports sont régis par les dispositions de la première section qui précède, sauf celles de l'article 154, et, en outre, par les dispositions ci-après.

*Art. 165. — Tout transport de plus de 300 kilogrammes devra être surveillé et protégé par une escorte militaire.

L'expéditeur ou son représentant fera les diligences nécessaires auprès du commandant militaire de la province du lieu d'expédition, de façon que l'escorte arrive à temps pour surveiller le chargement.

L'escorte ne quittera le transport qu'après le déchargement complet.

*Art. 166. — Lorsque l'expéditeur en aura fait la demande, le Gouverneur pourra, dans son arrêté d'autorisation, permettre le remplacement de l'escorte militaire par une escorte civile, placée sous la direction d'un convoyeur assermenté, qui sera le chef du transport. Ce conducteur prêtera serment devant le juge de paix du canton du lieu de départ, et mention en sera faite sur sa commission.

*Art. 167. — Indépendamment de l'escorte réglementaire, les transports de dynamites seront accompagnés d'un délégué de l'expéditeur ou de son représentant, compétent en matière d'explosifs. Ce délégué, qui devra être agréé par le Gouverneur, aura pour mission de surveiller la marchandise pendant le transport et, surtout, pendant les chargements et déchargements. Le chef d'escorte aura à se conformer, sous ce rapport, aux indications de ce délégué.

Les chefs des escortes civiles mentionnés à l'article 166 pourront, moyennant agréation, remplir en même temps les fonctions de délégué.

Art. 168. — L'escorte prévue aux articles 165 et 166 se composera, pour une seule voiture, d'un sous-officier (ou d'un convoyeur assermenté) et de deux hommes. Il y aura un homme en plus pour chaque voiture supplémentaire.

En cours de route, il y aura un factionnaire à chaque voiture.

Les frais de l'escorte militaire seront acquittés avant le départ, pour toute la durée prévue du voyage, en mains du sous-officier chef du transport. Il sera compté au minimum un jour pour le chargement et un jour en plus pour le retour, toute journée commencée étant considérée comme entière. Le tarif est de 6 francs par jour pour le sous-officier et de 3 francs pour chaque homme. L'escorte n'a rien à réclamer en plus.

Art. 169. — Le chef du transport veillera à l'exécution de toutes les prescriptions du présent règlement et prendra toutes les mesures de précaution que comporteront les circonstances.

Il chargera l'un de ses hommes de devancer le transport de deux heures au moins, autant que possible, pour reconnaître les dangers qui pourraient le menacer, annoncer son approche aux agents de la police locale et prévenir les gardes-barrières des chemins de fer, ainsi que les cantonniers et les surveillants des routes.

Le chef de transport devra toujours être porteur :

1° De sa commission ou de son ordre de marche;

2° D'une expédition de l'arrêté autorisant le transport;

3° D'un exemplaire du présent règlement.

Art. 170. — A moins que les arrêtés d'autorisation n'en disposent autrement, les transports de plus de 300 kilogrammes pourront se faire dans des voitures non fermées, mais recouvertes de bâches bien assujetties. Chaque voiture sera signalée par un écriteau blanc bien apparent, portant sur ses deux faces l'indication de la nature précise du chargement, en grosses lettres noires de 30 centimètres au moins de hauteur.

Art. 171. — La charge d'une voiture est limitée à 3,000 kilogrammes; elle ne pourra être dépassée qu'exceptionnellement et en vertu d'une autorisation spéciale du Gouverneur.

Les voitures seront munies des outils, cordes et autres engins nécessaires pour pourvoir aux réparations urgentes à faire en route aux barils, aux caisses ou aux véhicules.

Les attelages ne pourront marcher plus vite qu'au pas; ils ne pourront être croisés ou dépassés, qu'au pas, par d'autres attelages ou par des cavaliers.

Les voitures d'un même convoi marcheront en file, à 100 mètres au moins de distance.

Dans les lieux de halte et de gîte, le chef du transport fera garder les voitures par un des hommes de l'escorte.

Art. 172. — Les transports surpris par la fermeture des barrières pour cause de dégel pourront, par dérogation au droit commun, achever leur voyage, sauf réparation, par les expéditeurs, des dommages causés aux voies parcourues.

*TITRE III. — TRANSPORT PAR EAU.

1re Section.

Transport des produits autres que les munitions de sûreté, par quantités ne dépassant pas 300 kilogrammes.

Art. 173. — Si le bateau servant au transport n'est pas ponté, les colis seront recouverts d'une bâche.

Art. 174. — Les navires quittant un port belge pour gagner directement la haute mer, et les navires en destination de l'étranger ayant chargé des explosifs à la Pipe de Tabac ou à Liefkenshoek peuvent embarquer des produits explosifs et des passagers.

Les bateaux transportant des voyageurs pourront avoir à bord les poudres et artifices nécessaires aux signaux.

Art. 175. — Les dispositions des articles 152, 153, 157, 161 et 163, concernant les transports par roulage, sont applicables aux transports par eau.

Art. 176. — Les bateaux ne peuvent naviguer que de jour. Toutefois, il est permis de naviguer la nuit sur les rivières à marée, afin de profiter de la marée et de ne pas interrompre le voyage, à condition que la nuit soit assez claire pour que l'on puisse naviguer sans danger et que l'on se conforme aux mesures prescrites par les autorités compétentes.

Cette faculté ne s'applique pas à la rade d'Anvers, que les bateaux ne peuvent traverser que du jour, et en dehors de l'intervalle compris entre trois heures avant et une heure après la pleine mer.

Art. 177. — A bord des bateaux d'intérieur, il ne peut y avoir ni feu, ni lumière.

Toutefois, sur les voies navigables en général, tout bateau en marche ou en stationnement portera, du coucher au lever du soleil et d'une manière permanente en temps de brouillard, outre les feux réglementaires ordinaires, deux feux rouges visibles tout autour de l'horizon, à une distance d'un mille marin au moins, fixés au mât et disposés verticalement l'un au-dessus de l'autre, à $1^{m},50$ au moins de distance.

Ces divers feux seront exhibés dans des lanternes fermées qui ne pourront être alimentées à l'huile minérale et que l'on allumera et éteindra à distance du bateau.

Art. 178. — Lors du passage des bateaux, il sera défendu de fumer tant sur les ponts, écluses et autres dépendances des voies navigables, que sur les bateaux stationnant ou naviguant sur ces voies.

Art. 179. — Il est défendu d'attiser les feux des bateaux près desquels passe un transport de produits explosibles. Les bateaux à vapeur devront ralentir leur marche aussi longtemps qu'ils seront à proximité du transport.

Art. 180. — Lorsque les expéditeurs en feront la demande, le remorquage ou touage à vapeur sur les rivières ou canaux pourra être autorisé par le Gouverneur, qui prescrira les précautions à prendre de ce chef.

Les bateaux remorqués seront maintenus à 50 mètres au moins les uns des autres ainsi que du remorqueur ou du toueur.

Les cheminées des remorqueurs ou des toueurs seront garnies de toiles métalliques à mailles suffisamment serrées pour arrêter les étincelles.

Art. 181. — Les bateaux d'intérieur stationnant à la Pipe de Tabac ou à Liefkenshoek devront se tenir à 20 mètres au moins de la laisse de basse mer et, sauf les cas de force majeure, à 100 mètres au moins de distance entre eux.

Les transbordements se feront, autant que possible, à 300 mètres des autres bateaux ou des lieux habités. On évitera soigneusement les chocs dans les manœuvres des barils ou des caisses.

Les expéditions auront lieu de façon à ce que le stationnement des bateaux à l'endroit du transbordement ne passe pas les dix jours. En cas de nécessité dûment constatée, le Gouverneur pourra autoriser un séjour plus long, dont il fixera la durée.

2e Section.

Transport des produits autres que les munitions de sûreté par quantités dépassant 300 kilogrammes.

Art. 182. — Ces transports sont régis par les dispositions de la première section ci-dessus, sauf celles de l'article 173, et, en outre, par les dispositions ci-après.

Art. 183. — Les demandes en autorisation mentionneront, outre les renseignements prescrits à l'article 134, le nombre des bateaux, leur largeur maximum, leur tirant d'eau et la charge de chacun d'eux.

Art. 184. — En cas de transit ou de transport pour l'exportation par mer, la demande renseignera le lieu et le pays de destination, les noms et adresses des courtiers ou des armateurs chargés de l'expédition et, autant que possible, le nom du bateau ou du navire, celui du patron ou du capitaine, et aussi, le cas échéant, le nom du navire sur lequel le transbordement doit avoir lieu.

Art. 185. — Indépendamment des obligations imposées par l'article 137, le permissionnaire devra fournir à l'administration du pilotage, trois jours au moins avant l'arrivée du transport à l'endroit du transbordement, les renseignements mentionnés à l'article précédent.

*Art. 186. — Les dispositions des articles 165, 166, 167, 168 et 169, concernant l'escorte, sont applicables au transport par eau. Toutefois le deuxième paragraphe de ce dernier article ne s'applique pas aux transports sur le Rupel, ni aux transports sur l'Escaut maritime, en aval du pont de Termonde.

En cours de route, il y aura un factionnaire sur le pont de chaque bateau.

En cas de transbordement à la Pipe de Tabac ou à Liefkenshoek, l'escorte restera à bord jusqu'au moment de la levée de l'ancre.

Art. 187. — L'éclaireur chargé de devancer le transport, comme il est dit à l'article 169, préviendra les éclusiers et les pontiers de l'approche du transport.

Art. 188. — Les bateaux devront être pontés, en bon état et pourvus de pompes fonctionnant bien. Ils ne seront lestés qu'avec des matières incombustibles.

Lorsque les voies navigables charrieront des glaçons, il pourra être prescrit de protéger convenablement la coque des bateaux.

Les bateaux d'intérieur ne pourront jamais contenir plus de 30,000 kilogrammes (poids net).

Chaque bateau portera, outre l'écriteau prescrit par l'article 170 pour les voitures, le pavillon rouge usité dans la navigation pour signaler toute substance dangereuse. Ce pavillon sera hissé à 3 mètres au moins de hauteur au-dessus du pont.

Chaque bateau sera muni d'un porte-voix, ainsi que des outils et objets nécessaires pour faire éventuellement les réparations urgentes aux bordages et aux barils ou caisses contenant des produits explosifs.

Art. 189. — A l'exception des produits embarqués ou à embarquer sur navires de mer, les explosifs ne peuvent être transportés en même temps que d'autres marchandises.

Art. 190. — Les produits explosifs ne peuvent être transportés par bateaux à vapeur, si ce n'est sur l'Escaut maritime, en aval de la Pipe de Tabac.

Art. 191. — Les bateaux d'un même convoi marcheront en file, à 50 mètres environ de distance les uns des autres.

Ils ne pourront stationner à moins de 300 mètres des habitations, ateliers ou édifices publics; ils ne pourront rester sans surveillance aux lieux de halte ou de gîte.

Sur les cours d'eau où la navigation est intermittente, on se conformera, en ce qui concerne le stationnement des bateaux, aux dispositions que les fonctionnaires compétents des ponts-et-chaussées et du pilotage jugeront utile de prendre en vue d'assurer la sécurité publique, eu égard aux circonstances locales.

Le transbordement sur l'Escaut maritime de quantités d'explosifs ne dépassant pas 1,000 kilogrammes, pourra s'effectuer à bras.

Si les quantités à transborder dépassent 1,000 kilogrammes, les caisses et les barils seront arrimés dans une cage fermée qui sera élevée mécaniquement et descendue de même dans le bâtiment à charger. Le poids total des cages et de leur contenu ne pourra excéder 500 kilogrammes. Les câbles employés seront en fort bon état; leur circonférence aura 45 millimètres au moins, s'ils sont en chanvre, et 20 millimètres au moins, s'ils sont en fer ou en acier; ils seront soigneusement vérifiés avant leur emploi.

TITRE IV : TRANSPORT PAR CHEMIN DE FER.

Dispositions générales.

Art. 192. — Le transport par chemin de fer de tous produits explosifs indistinctement est soumis aux dispositions générales du présent règlement concernant le transport (art. 125 à 151).

La lettre de voiture doit porter :

1° L'indication de la classe à laquelle appartient le produit à transporter;

2° La déclaration concernant l'emballage, prescrite par l'article 140;

3° L'engagement, de la part de l'expéditeur, de supporter la responsabilité des conséquences dommageables tant aux personnes qu'aux choses qui pourraient résulter d'un défaut d'emballage ou d'un vice du produit transporté.

Cet engagement pourra être pris, une fois pour toutes, lorsque des séries de transports seront effectuées à partir d'une même station.

Le chef de la station de départ a le droit de requérir le concours de l'expéditeur, afin de vérifier les emballages, sous la responsabilité de celui-ci. En cas de doute sur la déclaration faite, sur la nature ou l'état des produits, le chef de station prélève des échantillons pour les envoyer au laboratoire de l'administration des chemins de fer, à Malines; entretemps, il restitue la marchandise à l'expéditeur et ne l'accepte définitivement qu'après instructions.

Art. 193. — L'expéditeur doit s'engager par écrit à reprendre les produits explosifs qui n'auraient pas été enlevés par le destinataire ou embarqués dans le délai prescrit, et à acquitter, dans ce cas, les frais de retour.

Art. 194. — Les transports par chemin de fer sont classés comme il suit :

1re classe : Munitions de sûreté;

2e classe : Produits admis aux trains de transbordement ou dans des wagons de messageries;

3e classe : Produits transportés par wagons ne contenant aucune autre marchandise.

DISPOSITIONS SPÉCIALES AUX DIVERSES CLASSES DE TRANSPORTS.

1re classe : Munitions de sûreté.

Art. 195. — Le transport des munitions de sûreté n'est soumis qu'aux dispositions des articles 192 et 193. Pour le surplus, ces munitions sont considérées comme marchandises ordinaires.

2e classe : Produits admis aux trains de transbordement ou dans les wagons de messageries.

Art. 196. — Sont admis dans ces conditions :

1° Les poudres, pour autant que les quantités chargées dans un même wagon ne dépassent pas 100 kilogrammes (poids brut);

2° Les dynamites, dans les mêmes limites que les poudres;

3° Les explosifs difficilement inflammables, pour autant que les quantités chargées dans un même wagon ne dépassent pas 500 kilogrammes (poids brut);

4° Les artifices, dans les mêmes limites que les explosifs difficilement inflammables;

5° Les détonateurs, à condition que les quantités chargées dans un même wagon ne dépassent pas 25 kilogrammes (poids brut).

L'article 142 est applicable aux produits chargés simultanément dans un même wagon.

Art. 197. — Tout transport d'explosifs doit être annoncé au chef de la station de départ, la veille de l'expédition. Le chef susdit indique à l'expéditeur l'heure à laquelle son envoi pourra être accepté ; il veille à ce que les quantités totales de poudres, de dynamites et de détonateurs simultanément présentes dans le magasin de la station ne dépassent pas 300 kilogrammes (poids brut).

* Art. 198. — Tout wagon contenant des explosifs doit être précédé et suivi de deux véhicules au moins, ne contenant pas de matières sujettes à prompte inflammation ou à combustion spontanée, telles que : alcools, allumettes chimiques, benzine, collodion, déchets de laine ou de coton gras, essence de térébenthine, éthers, naphtes, pétrole, phosphore, sulfure de carbone, vernis, etc.

Art. 199. — Les explosifs ne peuvent être chargés dans des wagons contenant les marchandises citées à l'article précédent, ni dans ceux qui renferment des matières facilement inflammables, telles que : bruyères, charbon de bois, chiffons, cotons, écorces en fagots ou en balles, étoupes, fagots pour balais, foin, laines, mousses séchées, pailles, osiers, sciure de bois, etc.

Art. 200. — Les explosifs, en n'importe quelle quantité, doivent être contenus dans des wagons fermés dont les portes seront closes au moyen de cadenas incrochetables.

* Art. 201. — Les colis doivent être maniés avec la plus grande prudence. Ils doivent être placés sur le plancher du wagon parallèlement à la voie et assujettis de façon qu'ils ne puissent se déplacer.

Art. 202. — Toutes les manutentions dans les gares (chargement, transbordement, déchargement) doivent être effectuées par les agents de l'administration, sous la surveillance du chef de station ou d'un agent spécialement délégué à cette fin.

Art. 203. — Si, en cours de transport, une avarie survenait à l'emballage d'un colis au point de laisser échapper une partie du contenu, le transbordement serait opéré avec toutes les précautions nécessaires et les ouvriers entreraient dans les wagons sans lumière et déchaussés, ou avec des chaussures dépourvues de clous.

Art. 204. — Le chemin de fer ne se charge, en aucun cas, de la remise à domicile des poudres, dynamites, explosifs difficilement inflammables et détonateurs.

Art. 205. — Le chef de la station de destination doit aviser le destinataire de l'arrivée des explosifs indiqués à l'article précédent et lui fixe un délai aussi restreint que possible, dans lequel il est tenu de les enlever.

Art. 206. — En attendant cet enlèvement, il doit faire placer les explosifs dans un endroit propice, éloigné de tout foyer et les faire bâcher. Dans le cas où les explosifs ne pourraient être déposés dans le hangar aux marchandises, le chef de station doit constituer un ou plusieurs gardiens. Les frais de gardiennage sont mis à la charge de la marchandise lorsque celle-ci n'a pas été enlevée dans le délai fixé par le chef de station.

Si la marchandise n'est pas enlevée douze heures après ce délai, elle est renvoyée à l'expéditeur, conformément aux dispositions de l'article 193.

Art. 207. — Les frais de transport, sans exception, doivent être acquittés au départ ; les envois ne peuvent être grevés ni de déboursés ni de remboursements.

3e classe : Produits transportés par wagons ne contenant aucune autre marchandise.

Art. 208. — Les transports de produits explosifs, par quantités dépassant celles qui sont indiquées à l'article 196, doivent être effectués dans des wagons ne contenant aucune autre marchandise.

Sont applicables à ces transports, les prescriptions qui règlent les transports de la 2e classe, pour autant qu'elles ne soient pas incompatibles avec les dispositions ci-après, qui concernent spécialement les transports de la 3e classe.

Art. 209. — On ne peut charger dans un même wagon que des expéditions pour une même destination.

* Art. 210. — La charge des wagons ne peut dépasser les deux tiers de leur tonnage.

Art. 211. — Les transports de plus de 10,000 kilogrammes (poids brut) doivent s'effectuer par trains spéciaux, ne transportant que des produits explosifs et dont la charge ne peut excéder 50,000 kilogrammes (poids brut).

Art. 212. — Les expéditions doivent être annoncées au moins quarante-huit heures d'avance.

Art. 213. — Les expéditions ne sont acceptées que de jour. L'heure du chargement doit être indiquée par le chef de la station de départ à l'expéditeur, qui est tenu de se conformer aux instructions reçues.

Toutes les manutentions doivent avoir lieu de jour. Elles ne peuvent être interrompues. Lorsqu'il y a lieu de supposer qu'une manutention quelconque ne pourra être achevée avant la nuit, le chef de station ne peut la laisser commencer et la remet au lendemain. Dans ce cas, les wagons doivent être gardés la nuit, et les frais de gardiennage sont à la charge de la marchandise.

Art. 214. — Tout chargement ou déchargement doit se faire dans un lieu aussi écarté que possible des locaux où le public a accès, ainsi que des bureaux, hangars à marchandises, ateliers ou remises. Cet endroit doit être choisi de façon à éviter autant que possible l'obligation de traverser les voies avec les colis.

Art. 215. — Le chargement et le déchargement doivent être effectués avec précaution, par les soins des expéditeurs et des destinataires, sous la surveillance du chef de station ou de son délégué.

Toutefois, dans le cas d'avarie au wagon, le transbordement est effectué par les ouvriers du chemin de fer et avec les précautions indiquées à l'article 203.

Art. 216. — Pour les transports de plus de 1,000 kilogrammes de poudre en grains ou en poussier, le plancher de chaque wagon doit être recouvert de prélarts en poils de vache ou de tapis de laine, fournis par l'expéditeur.

Art. 217. — Les wagons doivent porter de chaque côté une étiquette avec l'inscription « Explosif » en caractères très apparents. L'attention du personnel des stations doit être attirée sur ces wagons par les chefs-gardes, afin que les chocs soient évités.

* Art. 218. — Dans la composition des trains comportant des transports d'explosifs de la 3e classe, il ne peut entrer aucun wagon renfermant des matières sujettes à prompte inflammation ou à combustion spontanée, telles que : alcools, allumettes chimiques, benzine, collodion, déchets de laine ou de coton gras, essence de térébenthine, éthers, naphtes, pétrole, phosphore, sulfure de carbone, vernis, etc. Chaque wagon contenant des explosifs doit être précédé et suivi par deux véhicules au moins ne renfermant pas de matières facilement inflammables, telles que : bruyères, charbon de bois, chiffons, cotons, écorces en fagots ou en balles, étoupes, fagots pour balais, foin, laines, mousses séchées, pailles, osiers, sciure de bois, etc.

Art. 219. — Le chef de la station d'expédition doit aviser du départ la première station de coïncidence où le transport est ajouté à un train en correspondance. Celle-ci agit de même vis-à-vis de la deuxième et ainsi de suite. Le chef de la dernière station de coïncidence prévient le chef de la station d'arrivée. Ce dernier avise le destinataire, au besoin par télégramme de service, et lui fixe l'heure de l'enlèvement des colis.

Art. 220. — Les chefs de station sont tenus de prévenir l'autorité communale de l'arrivée du transport en même temps qu'ils transmettent au destinataire l'avis d'arrivée.

*Art. 221. — Le déchargement doit être effectué par le destinataire, deux heures au plus après l'heure qui lui a été fixée. Passé ce délai, le wagon contenant l'explosif est transféré dans un endroit aussi éloigné que possible, et le chef de station constitue un ou plusieurs gardiens aux frais de la marchandise.

Si le destinataire n'a pas enlevé la marchandise douze heures après celle qui a été fixée, les produits explosifs sont retournés à l'expéditeur, conformément aux dispositions de l'article 193.

Art. 222. — Les envois d'explosifs pour les pays d'outre-mer qui doivent séjourner dans une station jusqu'au moment de leur embarquement, sont laissés dans le wagon qui les a amenés. Ce wagon doit être garé dans un endroit écarté, à l'abri de toute espèce de choc, et surveillé par un ou plusieurs gardiens, selon les cas. Les frais de chômage de ce wagon et ceux de gardiennage sont mis à charge de la marchandise.

Ce séjour dans le wagon ne peut excéder huit jours. Si, à l'expiration de ce délai, les explosifs ne sont pas enlevés, ils sont retournés à l'expéditeur, conformément aux dispositions de l'article 193.

Art. 223. — L'expéditeur est tenu de fournir l'escorte pour les transports dépassant 5,000 kilogrammes.

L'escorte doit être composée de deux hommes au moins, et en comporter trois pour les transports à longue distance avec escale en cours de route, de façon que le troisième puisse relayer les autres.

Elle a pour mission de surveiller le transport et d'assurer l'exécution des mesures prescrites.

Les agents chargés de l'escorte ne peuvent prendre place dans les wagons contenant les produits explosifs.

L'article 167 est applicable aux transports par chemins de fer dépassant 5,000 kilogrammes.

Transports par trains de voyageurs et par trains mixtes.

ART. 224. — A part l'exception prévue à l'article 151, les produits explosifs ne peuvent être transportés par trains de voyageurs.

ART. 225. — Sur les lignes où il n'existe que des trains mixtes, les produits explosifs sont admis à ces trains, par quantités ne dépassant pas celles qui sont indiquées à l'article 196.

Le transport par trains mixtes est soumis aux dispositions qui règlent les transports de la 2e classe.

En outre, le wagon contenant les explosifs doit être séparé des voitures à voyageurs par cinq wagons au moins.

CHAPITRE VI.

EMMAGASINAGE.

1re Section.

Dispositions générales.

ART. 226. — Aucun produit explosif ne pourra être conservé, en quantités dépassant celles que tout particulier peut posséder, que dans des magasins ou dépôts dûment autorisés.

ART. 227. — A part les autorisations qui peuvent être délivrées à des administrations communales, à des sociétés de tirs, etc., les autorisations d'emmagasinage ne seront accordées qu'à des personnes notoirement connues comme ayant besoin d'explosifs pour l'exercice de leur commerce ou de leur industrie.

En cas de changement d'exploitant d'un dépôt de 1re classe, le nouveau titulaire devra être agréé par le Gouvernement.

ART. 228. — Les députations permanentes pourront autoriser des dérogations aux prescriptions concernant les dépôts, lorsque les circonstances l'exigeront.

ART. 229. — Le mode de construction des magasins existants peut être conservé, s'il est conforme aux dispositions d'arrêtés antérieurs au présent règlement, et s'il présente des garanties suffisantes contre les vols et contre le danger d'explosion.

ART. 230. — En cas d'émeute ou de grève, le Bourgmestre et le Gouverneur pourront ordonner l'évacuation de tous magasins de produits explosibles.

En cas d'urgence, les explosifs pourront être remisés à l'intérieur des travaux souterrains, avec l'autorisation de l'ingénieur en chef directeur d'arrondissement qui devra en avertir le Gouverneur et le Bourgmestre.

ART. 231. — Tous les magasins indistinctement seront tenus en parfait état de propreté. Les résidus des nettoyages seront détruits, soit par l'eau, soit par le feu, avec les précautions convenables.

ART. 232. — En cas de réparation importante, on évacuera les explosifs; en cas de réparation légère, les travaux seront surveillés par une personne expérimentée.

ART. 233. — Sauf les exceptions prévues aux articles 274 et 284, on n'introduira dans les magasins ni feu, ni lumière, ni objet de nature à provoquer du feu et on ne pourra y pénétrer que de jour.

Dans les magasins contenant des produits en grains, et non affectés à la distribution, on n'entrera que déchaussé ou que chaussé de sandales dépourvues de clous; à cet effet, de pareilles sandales seront déposées, en nombre suffisant, à l'entrée de ces magasins.

Art. 234. — Tout dépôt de matières facilement combustibles ou spontanément inflammables est interdit dans les magasins.

Art. 235. — Les caisses fermant à vis ne pourront être ouvertes à l'aide de coins ni de marteaux.

Art. 236. — Les caisses ou barils ne seront ni jetés, ni traînés, mais portés a bras ou sur civières.

Art. 237. — Sauf les exceptions prévues aux articles 287 et 299, un agent spécialement désigné à cet effet inscrira, jour par jour, sans blancs ni ratures, sur un registre spécial coté et parafé par l'autorité locale, les quantités d'explosifs divers et de détonateurs entrées et sorties.

Ce registre mentionnera la date, la nature et la quantité des produits, les lieux de provenance ou de destination, enfin le nom de l'expéditeur et les noms, prénoms, domicile et profession du destinataire. Il renseignera, en outre, pour chaque cartouche de dynamite ou d'explosifs difficilement inflammables, l'année de la fabrication et le numéro d'ordre spécial à chacune d'elles. (Les séries ininterrompues de numéros pourront être désignées en bloc par les numéros extrêmes.) Il sera visé et signé à chaque inspection de l'établissement, tant par les délégués du gouvernement que par les membres du collège échevinal; à cet effet, il leur sera présenté sur leur réquisition.

Dans les dépôts affectés à la distribution, la balance sera faite chaque jour; dans les autres dépôts, elle sera faite toutes les semaines.

Art. 238. — Les magasins ou dépôts de produits explosifs sont subdivisés comme il suit :

A. Magasins annexés aux fabriques;
B. Magasins de dépôt pour la vente en gros;
C. Dépôts de consommation à l'usage exclusif de certains établissements;
D. Dépôts journaliers;
E. Dépôts des débitants patentés;
F. Petits dépôts de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables;
G. Dépôts temporaires.

2e Section.

Dispositions spéciales aux magasins A (magasins annexés aux fabriques).

Art. 239. — Les produits contenus dans un même magasin devront appartenir à une seule des catégories citées à l'article 2.

Art. 240. — La nature précise du contenu et la contenance maximum seront indiquées, en caractères bien apparents, peints à l'huile à l'extérieur des dépôts.

Art. 241. — Les magasins seront toujours isolés. Leur distance des habitations sera déterminée dans chaque cas particulier.

Art. 242. — Les magasins auront les dimensions strictement nécessaires pour recevoir les quantités autorisées, les caisses et les barils étant disposés suivant les prescriptions de l'article 248.

Cette disposition ne vise pas les magasins contenant des poudres en vrac.

Art. 243. — Les magasins seront construits de façon à être suffisamment garantis contre la malveillance et les vols.

Les fenêtres seront munies de barreaux en fer suffisamment rapprochés. Les évents d'aération ne pourront s'ouvrir directement à l'extérieur et seront garnis, à l'intérieur, d'un treillis métallique.

Toiture en tôle. La toiture sera en tôle de fer ou d'acier ondulée et galvanisée.

Plancher. Le sol sera asphalté ou recouvert d'un plancher en chêne parfaitement plan et sans fissures.

Revêtement intérieur des murs. Les murs intérieurs seront recouverts d'un enduit de couleur claire.

Portes, etc. L'entrée du magasin sera fermée par deux portes solides, pleines et en bois, pourvues chacune d'une bonne serrure. Tous les clous en fer dont il serait fait usage auront leur tête noyée de 2 millimètres au moins et recouverte de mastic.

Toutes les pièces de fer ou d'acier visibles à l'intérieur seront enveloppées ou enduites de façon à ne pouvoir étinceler sous les chocs.

Châssis; volets; vitres. Les châssis et les volets seront en bois. Les vitres seront en verre épais dépoli. Les baies des fenêtres seront garnies d'une toile métallique en laiton ou en fer galvanisé, à mailles suffisamment serrées pour arrêter les étincelles.

Chenaux. Les chenaux, s'il en existe, seront en métal et fixés à la toiture. Les eaux pluviales ou autres seront écoulées à l'extérieur des parapets.

Les dépôts de dynamites proprement dites seront particulièrement protégés contre l'humidité.

Précautions contre la foudre. Les précautions à prendre contre la foudre seront, le cas échéant, prescrites par l'arrêté d'autorisation.

Art. 244. — Les magasins devront être entourés de parapets en terre meuble, à talus gazonnés, s'élevant jusqu'au faîte du toit, ou être établis dans une excavation de profondeur au moins égale.

Le profil des talus et la largeur du chemin de ronde compris entre ceux-ci et le soubassement seront réglés, dans chaque cas particulier, par l'arrêté d'autorisation.

Un passage praticable aux piétons seulement sera ménagé dans l'un des parapets, à l'exclusion de celui qui est en regard de la porte. L'entrée de ce passage sera masquée par un cavalier en terre ayant la même hauteur que les parapets.

Art. 245. — L'accès des magasins sera défendu par un fossé, un mur ou une palissade dont la disposition et les dimensions seront déterminées dans chaque cas particulier.

Art. 246. — Tout dépôt de matières facilement combustibles ou spontanément inflammables est interdit dans un rayon de 25 mètres autour des magasins.

Art. 247. — Les produits seront toujours contenus dans les emballages réglementaires.

Toutefois, les poudres en vrac et en grains pourront aussi être placées dans de grandes caisses en bois, pour être classées et mélangées.

Art. 248. — Sauf l'exception prévue à l'article précédent, les caisses ou barils seront couchés horizontalement, bien calés et engerbés sur une hauteur de 1 mètre 60 centimètres au plus, comptée à partir du magasin.

La disposition générale des piles de caisses ou barils sera telle qu'il règne toujours, devant au moins l'une des faces de ces piles, une allée de 70 centimètres de largeur, de façon que chaque rangée puisse être facilement inspectée.

En outre, les caisses ou barils de poudre seront placés sur des chantiers solides, en bois, ayant 30 centimètres de hauteur.

Art. 249. — Les magasins ne pourront contenir d'autres objets que les produits à emmagasiner.

Les outils et accessoires qui seraient nécessaires au service dans les magasins contenant des poudres en vrac, seront confectionnés en bois, en cuivre ou en laiton.

Art. 250. — Les véhicules employés aux transports des produits, dans les magasins, devront stationner au dehors des parapets, à l'endroit qui sera désigné dans chaque cas particulier.

Toutefois, cette interdiction n'est pas applicable aux wagonnets employés pour le service intérieur des fabriques.

Art. 251. — L'ouverture des barils ou des caisses et les manipulations des produits, pour quelque usage que ce soit, ne pourront avoir lieu qu'à l'extérieur des parapets, soit en plein air, si l'opération est sans danger, soit dans un local distinct.

Cette prescription ne concerne pas les magasins où l'on conserve des poudres en vrac, dans les conditions indiquées à l'article 247.

Art. 252. — Les magasins seront soumis à la surveillance et à la garde générale de l'établissement (art. 40). Les clefs resteront entre les mains du directeur ou de son délégué et ne pourront être remises par eux, et ce pour le temps du service seulement, qu'à une personne de confiance qui aura, en outre, mission de surveiller les manipulations pendant toute leur durée.

Art. 253. — L'agent spécialement chargé de surveiller les manipulations, et les ouvriers directement sous ses ordres, pourront seuls pénétrer à l'intérieur des magasins ou dépôts, pour le service ordinaire.

Art. 254. — Pour l'ensemble des magasins d'une même fabrique, il n'y aura qu'un seul registre, tenu de la manière indiquée à l'article 237 et renseignant les quantités sorties, ainsi que les noms des acheteurs.

Art. 255. — La mise en service des dépôts ne sera autorisée, par les Gouverneurs, qu'après qu'il aura été dressé, par les soins de l'inspection des établissements dangereux et sur la demande des impétrants, un procès-verbal de vérification constatant l'imposition rigoureuse des conditions imposées.

3e Section.

Dispositions spéciales aux magasins B (magasins de dépôt pour la vente en gros).

Art. 256. — Les magasins sont soumis aux prescriptions des articles 239, 240, 241, 242, § 1er, 243, 244, 245, 246, 247, § 1er, 248, 249, § 1er, 250, § 1er, 251, § 1er, et 255 qui précèdent. Ils pourront contenir des mèches ou des amorces électriques sans détonateurs en même temps que d'autres produits. Les caisses ouvertes pourront être réintégrées dans les magasins après qu'on y aura puisé.

Art. 257. — Les magasins seront sous la surveillance d'un gardien spécial qui seul en aura la clef.

Le gardiennage sera assuré d'une façon permanente, soit par le gardien lui-même, soit par un suppléant de confiance. Le gardien et son suppléant seront désignés à l'administration communale, qui veillera à ce que le registre prescrit par l'article 227 soit régulièrement tenu.

L'habitation du gardien sera placé à 30 mètres au moins et à 100 mètres au plus des parapets, de façon qu'il ait vue sur le magasin.

Art. 258. — L'habitation du gardien permanent sera construite en matériaux incombustibles. Il n'y existera qu'une seule cheminée, qui sera munie d'un registre à sa partie inférieure et qui sera ramonée au moins deux fois l'an.

On n'y brûlera pas de combustibles pouvant donner des étincelles et on ne pourra y tenir de débit de boissons.

Art. 259. — Les magasins contenant de la dynamite ou des explosifs difficilement inflammables seront visités toutes les deux heures pendant le jour, et chaque heure pendant la nuit, par un gardien armé, désigné à l'administration communale. Les rondes de ce gardien seront contrôlées au moyen d'un appareil enregistreur, dont les indications seront conservées dans un registre *ad hoc*.

Art. 260. — Le gardien et un seul ouvrier sous ses ordres pourront seuls pénétrer à l'intérieur des magasins ou dépôts, pour le service ordinaire.

Art. 261. — Pendant le chargement, le déchargement et l'emmagasinage des produits, le feu de la maison du gardien sera éteint, et les chevaux seront dételés et éloignés.

4e Section.

Dispositions spéciales aux magasins C (dépôts de consommation à l'usage exclusif de certains établissements).

Art. 262. — L'autorité appelée à statuer pourra permettre l'emmagasinage de poudres avec des dynamites ou des explosifs difficilement inflammables.

Les détonateurs pourront être toujours conservés dans ces magasins, pourvu qu'ils soient contenus dans leurs boîtes métalliques et enfermés dans un coffre fermant à clef.

*Art. 263. — La contenance des dépôts de la 1re classe (art. 6), fixée par l'arrêté d'autorisation, ne pourra dépasser la consommation de quinze journées de travail.

Cette limitation ne s'applique pas aux magasins dont la contenance totale ne dépasse pas 50 kilogrammes de poudre, ni 10 kilogrammes de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables (conservés séparément ou simultanément).

Art. 264. — Les autorisations spécifieront la quantité maximum de poudres, d'une part, et la quantité globale de dynamites et d'explosifs difficilement inflammables, d'autre part, qui pourront être emmagasinées.

Ces quantités seront inscrites en caractères bien apparents, peints à l'huile, à l'intérieur des dépôts.

Art. 265. — Les magasins de la 1re classe (art. 6) seront toujours isolés. Leur distance des habitations sera déterminée dans chaque cas particulier.

Les magasins de la 2e classe seront suffisamment éloignés des locaux ou des lieux fréquentés.

Art. 266. — Les dépôts dont la contenance autorisée ne dépasse pas 50 kilogrammes de poudres, ni 10 kilogrammes de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables (conservés séparément ou simultanément), peuvent être utilisés comme magasins de distribution prescrits à l'article 317, si leur emplacement satisfait à l'article 319.

Art. 267. — Les dépôts non utilisés pour la distribution auront les dimensions strictement nécessaires pour recevoir les quantités autorisées, les produits étant disposés comme il est dit à l'article 248.

Art. 268. — Sauf la restriction faite à l'article suivant, les magasins satisferont en outre aux prescriptions des articles 243, 244, 245, 250, § 1er, et 255 relatives aux magasins *A*. Toutefois, la vérification imposée par l'article 225 n'est applicable qu'aux dépôts *C* de la 1re classe.

Art. 269. — Les magasins dont la contenance ne dépasse pas 50 kilogrammes de poudres, ni 10 kilogrammes de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables (conservés séparément ou simultanément), pourront consister en un réduit en maçonnerie ou en moellons, pourvu d'une porte ou d'une trappe fermant à clef.

Ce réduit sera entouré de terre meuble, aussi complètement que possible, s'il n'est pas enterré. Les murs seront recouverts d'un enduit de couleur claire. Le sol sera planchéié ou asphalté.

Art. 270. — Tout dépôt de matières facilement combustibles ou spontanément inflammables est interdit dans un rayon de 25 mètres autour des magasins de la 1re classe.

Art. 271. — Les produits seront toujours contenus dans leurs emballages réglementaires. Toutefois, dans les magasins utilisés pour la distribution, ils pourront aussi être contenus dans les récipients ou cartouchières prescrits aux articles 320 et 322. Dans tous les cas, les caisses ou les paquets de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables seront contenus dans un ou plusieurs coffres ou armoires en bois, dont les parois auront 3 centimètres d'épaisseur au moins. Ces coffres ou armoires fermeront à clef et seront solidement fixés au sol ou aux murs.

Art. 272. — Les magasins ne pourront contenir d'autres objets que les produits à emmagasiner.

Les outils et accessoires qui pourraient être nécessaires au service dans les dépôts utilisés pour la distribution, seront confectionnés en bois, en cuivre ou en laiton.

Art. 273. — L'ouverture des barils ou des caisses et les manipulations des produits, pour quelque usage que ce soit, ne pourront avoir lieu qu'en dehors des magasins et à l'extérieur des parapets, soit en plein air si l'opération est sans danger, soit dans un local distinct.

Les caisses pourront être réintégrées dans les magasins après qu'on y aura puise.

Il est permis de puiser dans les barils ou caisses sans les sortir du magasin.

Art. 274. — Des dépôts *C*, contenant exclusivement de la dynamite ou des explosifs difficilement inflammables, peuvent être installés à l'intérieur des travaux souterrains, à condition qu'ils présentent toute garantie contre les vols. La contenance autorisée ne pourra dépasser la consommation de huit journées de travail.

Ces dépôts seront exploités conformément aux dispositions qui régissent les dépôts *C* établis à la surface, sauf qu'on pourra s'y éclairer au moyen de lampes dont la nature sera prescrite par l'arrêté d'autorisation.

Lorsque la contenance autorisée ne dépassera pas 50 kilogrammes ou qu'il sera impossible d'établir un dépôt *D* souterrain, ces dépôts pourront également être utilisés comme magasins de distribution prescrits à l'article 317; toutefois on ne pourra y déposer plus de 300 détonateurs contenus dans leurs boîtes métalliques et enfermés dans un coffre spécial.

Les dépôts ainsi établis à l'intérieur des exploitations souterraines sont soustraits au régime des établissements dangereux. Ils seront autorisés par les députations permanentes, sur l'avis des ingénieurs des mines; le Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics statuera en degré d'appel.

La demande en autorisation sera accompagnée du plan des lieux en double expédition.

L'autorisation sera subordonnée aux conditions dont l'instruction aura fait reconnaître l'utilité.

Une copie de l'arrêté d'autorisation sera transmise, par le Gouverneur, à l'ingénieur en chef des mines compétent.

Art. 275. — Sauf dérogation formelle accordée en vertu de l'article 228, tout dépôt non situé à l'intérieur d'une exploitation souterraine, et contenant de la dynamite ou des explosifs difficilement inflammables sera visité, toutes les deux heures pendant le jour, et chaque heure pendant la nuit, par un gardien armé.

Les rondes de ce gardien seront contrôlées au moyen d'appareils enregistreurs dont les indications seront conservées dans un registre *ad hoc*.

Toutefois, la mise en vigueur des dispositions du présent article est différée au 1er mai 1895 pour les exploitants actuellement autorisés qui auront introduit, avant le 1er février 1895, une demande en autorisation, soit d'un dépôt *C* souterrain, soit d'un dépôt *F*.

Art. 276. — Les clefs du magasin seront en mains d'un agent spécialement désigné pour les détenir. Cet agent pourra seul pénétrer dans le magasin pour le service ordinaire. Il sera désigné à la police locale, qui veillera strictement à ce que le registre prescrit par l'article 237 soit régulièrement tenu.

Les gardiens prévus à l'article précédent seront également désignés à la police locale.

*Art. 277. — Les explosifs ne pourront être délivrés que pour les besoins des établissements dont dépendent les dépôts. On ne pourra en céder à autrui, de quelque manière ni pour quelque motif que ce soit.

5e Section.

Dispositions spéciales aux dépôts D (dépôts journaliers).

Art. 278. — Sont considérés comme dépôts journaliers ou dépôts *D*, ceux dont la contenance ne dépasse jamais la consommation de vingt-quatre heures. Ces dépôts sont soustraits au régime des établissements dangereux.

Ils ne peuvent être affectés à la distribution, conformément aux prescriptions de l'article 317, que si leur situation satisfait aux dispositions de l'article 319.

Art. 279. — La disposition du premier alinéa de l'article 278 ne vise que les explosifs proprement dits et non les mèches et détonateurs; toutefois, le nombre de ces derniers est limité à 3000.

Art. 280. — Ces dépôts seront distants d'au moins 25 mètres de tout autre dépôt de matières explosives.

Art. 281. — Les formalités d'autorisation sont réglées par les dispositions suivantes :

Les dépôts auxiliaires de dépôts *C* seront autorisés par l'autorité appelée à statuer sur ces derniers dépôts.

Les dépôts alimentés directement par des dépôts *A* ou *B* seront autorisés par la députation permanente, s'ils contiennent plus de 50 kilogrammes de poudres ou n'importe quelle quantité de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables.

Dans les autres cas, ils seront autorisés par le collège des bourgmestres et échevins.

Ces autorités statueront sur l'avis des fonctionnaires techniques chargés de la surveillance de ces dépôts (voir art. 342).

Toute demande adressée à la députation permanente sera accompagnée d'un plan des lieux, en double expédition, dans un rayon de 50 mètres et à l'échelle de 1 pour 1000, renseignant toutes les constructions de la surface et leur destination.

Ces plans seront vérifiés et visés par les fonctionnaires techniques précités.

L'autorisation sera subordonnée aux prescriptions du présent règlement concernant les dépôts *D*, ainsi qu'à toutes les autres conditions dont l'instruction aurait fait reconnaître la nécessité.

Une copie de l'arrêté d'autorisation sera transmise, par l'intermédiaire du Gouverneur, au fonctionnaire technique auquel incombe la surveillance des dépôts, ainsi qu'au Procureur du Roi de l'arrondissement.

Les pourvois contre les décisions des députations permanentes ou des collèges échevinaux, tant de la part de l'administration que de la part des intéressés, seront portés auprès de Notre Ministre de l'Agriculture, de l'industrie et des Travaux publics, qui statuera en dernier ressort.

*Art. 282. — L'autorité chargée de statuer pourra permettre l'emmagasinage simultané de poudres et de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables.

Les détonateurs devront être conservés dans leurs boîtes métalliques, et tenus sous clef dans un coffre spécial.

Art. 283. — Les dépôts non isolés pourront consister en une pièce spéciale d'un bâtiment construit aussi complètement que possible en matériaux incombustibles. Il n'y aura ni feu ni lumière dans cette pièce, qui sera suffisamment éloignée de tout foyer.

Les dépôts isolés consisteront en un bâtiment construit en maçonnerie de briques ou de moellons, ou en béton, à couverture incombustible.

Dans les uns comme dans les autres, il sera satisfait aux conditions suivantes :

1° Les magasins seront pourvus d'une porte solide en bois, fermant à clef;

2° Les châssis et les volets seront en bois, les baies des fenêtres seront protégées à l'extérieur par des barreaux en fer solides et suffisamment rapprochés. Les vitres seront en verre épais dépoli ;

3° Les murs intérieurs seront recouverts d'un enduit de couleur claire;

4° Le sol sera recouvert d'une aire plane et sans fissures.

Les conditions d'établissement de dépôts de l'espèce à l'intérieur des travaux des mines, minières et carrières souterraines seront réglées dans chaque cas particulier.

Art. 284. — Les dépôts établis à la surface pourront servir à la confection des cartouches de poudre en grains. Cette opération ne pourra être faite que de jour; elle est interdite dans les dépôts souterrains.

Les outils et accessoires qui pourraient être nécessaires au service seront confectionnés en bois, en cuivre ou en laiton.

Les explosifs non contenus dans des récipients soigneusement fermés devront être serrés dans une armoire fermant à clef.

Par dérogation à l'article 233, on pourra pénétrer la nuit dans les dépôts *D* établis à la surface; on s'éclairera, dans ce cas, au moyen de lampes closes alimentées à l'huile végétale et suffisamment protégées contre les chocs ; on pourra également faire usage de lampes électriques portatives entourées d'un globe en verre épais.

Pour les dépôts souterrains, l'arrêté d'autorisation indiquera la nature des lampes à employer.

Art. 285. — Les articles 276, § 1er, et 277 sont applicables à ces dépôts, sauf qu'il pourra y avoir deux agents, l'un pour le jour, l'autre pour la nuit, dépositaires de la clef à tour de rôle.

6e Section.

Dispositions spéciales aux magasins E (dépôts des débitants patentés).

Art. 286. — A part les quantités conservées dans la boutique en vertu de l'article 307, les poudres libres diverses, les artifices de joie, les mèches de sûreté et les munitions non de sûreté seront conservés, par des débitants patentés, dans un local isolé. A défaut de pareil local, l'autorité pourra en permettre le dépôt au

grenier de l'habitation, dans une pièce spéciale, séparée des autres par des cloisons incombustibles et ne communiquant avec aucune cheminée. Cette pièce sera constamment fermée et on ne pourra y pénétrer avec de la lumière.

Les poudres libres seront contenues dans des boîtes métalliques hermétiquement fermées, ou dans des barils ou caisses. Les produits autres que les munitions de sûreté seront contenus dans leurs emballages réglementaires.

Les produits de chaque nature seront réunis par lots, de façon que la vérification des quantités puisse se faire aisément.

Art. 287. — Les prescriptions de l'article 237 ne seront pas applicables aux dépôts des débitants patentés.

7e Section.

Dispositions spéciales aux magasins F (petits dépôts de dynamite ou d'explosifs difficilement inflammables).

Art. 288. — Sont considérés comme dépôts *F*, les dépôts spéciaux de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables, ne dépassant par les quantités fixées à l'article suivant.

Art. 289. — La contenance autorisée ne pourra excéder la consommation de huit jours de travail, ni, en aucun cas, les quantités suivantes :

1° 25 kilogrammes, si les dépôts contiennent exclusivement des dynamites;

2° 100 kilogrammes, s'ils contiennent exclusivement des explosifs difficilement inflammables;

3° 10 kilogrammes de dynamites, et 50 kilogrammes d'explosifs difficilement inflammables, s'ils contiennent simultanément ces deux espèces d'explosifs.

On pourra y déposer, en outre, jusque 300 détonateurs, contenus dans leurs boîtes métalliques, et enfermés dans un coffre spécial.

Art. 290. — Ces dépôts pourront être établis dans tout local habité d'une manière permanente ou soumis à une surveillance suffisante de jour et de nuit.

Art. 291. — Ils pourront être considérés comme magasins de distribution prescrits à l'article 317, si leur situation satisfait à l'article 319.

Art. 292. — Pour le surplus, les dépôts de l'espèce suivent le régime des dépôts *C*, sauf en ce qui concerne le mode de construction et le mode d'exploitation, qui seront fixés dans chaque cas particulier.

Le rayon du plan cadastral exigé par l'article 2 de l'arrêté royal du 29 janvier 1863 est réduit à 50 mètres.

Art. 293. — Les explosifs seront renfermés dans un coffre présentant toute garantie contre les vols. Les articles 276, § 1er, et 277 sont applicables à ces dépôts.

8e Section.

Dispositions spéciales aux dépôts G (dépôts temporaires).

Art. 294. — Les dépôts temporaires, sujets à des déplacements, formés par les entrepreneurs de travaux ou par les particuliers, peuvent être autorisés, pour la durée d'un an au plus, par décision des Gouverneurs sur l'avis du service de l'inspection des établissements dangereux, insalubres ou incommodes. A chaque déplacement, une nouvelle autorisation sera nécessaire.

Art. 295. — Les Ministres compétents pourront autoriser des fonctionnaires spécialement désignés à cet effet, à détenir provisoirement des explosifs pour les besoins des services de l'État.

* Art. 296. — Toute personne qui voudra pouvoir conserver, pour un emploi exceptionnel, de petites quantités de détonateurs, de dynamites ou d'explosifs difficilement inflammables pourra y être autorisée par le Gouverneur.

L'approvisionnement ne pourra dépasser 10 kilogrammes d'explosifs, et 100 détonateurs, ni la durée de l'autorisation trois mois.

La demande spécifiera la nature et la quantité des produits à conserver, l'usage auquel on les destine, le lieu du dépôt, la date et la durée présumée de l'emploi, ainsi que les précautions qui seront prises pour éviter les accidents et les détournements.

Elle sera communiquée pour avis aux ingénieurs des mines, s'il s'agit d'emploi dans les mines, minières ou les carrières citées à l'article 341, aux ingénieurs des ponts-et-chaussées s'il s'agit de travaux publics et, dans les autres cas, à l'inspection des établissements dangereux.

Les fonctionnaires ci-dessus feront, avec le concours de la police locale, une enquête à l'effet de vérifier si le pétitionnaire offre les garanties d'ordre et de moralité voulues, et si l'usage prévu des explosifs présente réellement un caractère exceptionnel.

Les arrêtés du gouverneur fixeront le poids maximum d'explosifs et le nombre maximum de détonateurs dont la détention sera permise. Ils détermineront, en outre, la durée de l'autorisation, ainsi que les conditions auxquelles la conservation, le port aux chantiers, l'emploi et le retour des explosifs non utilisés seront subordonnés; dans tous les cas, les détonateurs et les explosifs seront toujours conservés dans des récipients distincts.

Ces arrêtés pourront, le cas échéant, et par application des articles 294 et 296 combinés, permettre le dépôt simultané de poudre a tirer, d'explosifs brisants et de détonateurs en quantités déterminées.

Art. 297. — Dans les cas visés aux articles 294 et 296, le Gouverneur fera parvenir une expédition de son arrêté aux autorités administratives qui auront fait l'enquête ainsi qu'au procureur du Roi dans le ressort duquel le dépôt aura été autorisé.

Art. 298. — Le dépôt provisoire de poudre noire à tirer (en quantités n'excédant pas 50 kilogrammes), de munitions et d'artifice de joie, pourra être autorisé par la police locale, en vue de tirs, de réjouissances publiques ou d'emploi exceptionnel.

Art. 299. — Dans les dépôts autorisés en vertu de l'article 298, la tenue du registre de magasin (art. 237) n'est pas obligatoire.

CHAPITRE VII.

VENTE.

Art. 300. — Les produits explosifs ne peuvent être livrés, *par quantités dépassant celles que tout particulier peut posséder* (art. 310 et 311), qu'à des personnes justifiant d'un permis de transporter, d'emmagasiner ou de détenir provisoirement lesdits produits.

Cette interdiction ne s'applique pas aux munitions de sûreté ni aux artifices expédiés à l'étranger.

Art. 301. — Les quantités livrées en une fois ne pourront excéder la contenance maximum des magasins ou dépôts destinés à les recevoir.

Art. 302. — Les fabricants notifieront aux ingénieurs en chef des mines la

nature des dynamites et des explosifs difficilement inflammables vendus aux mines de houille de leurs arrondissements.

Ces notifications, qui stipuleront la composition des explosifs avec dosage exact des substances constituantes, seront renouvelées chaque fois que la composition sera modifiée ainsi qu'à chaque demande de l'administration des mines.

Art. 303. — Des listes de magasins ou dépôt dûment autorisés, conformes aux modèles ci-annexés, seront dressées et tenues à jour par les gouverneurs. Elles pourront être communiquées aux intéressés. (Voir annexes nos 2 et 3.)

Les magasins pour lesquels une autorisation de mise en service est exigée (magasins *A*, magasins *B*, magasins *C* de la 1re classe) ne seront inscrits sur les listes prénommées qu'après que ladite autorisation aura été délivrée.

CHAPITRE VIII.

DÉBIT.

Art. 304. — Les débitants patentés ne pourront détenir ou vendre, en quantité si minime que ce soit, ni des poudres comprimées, ni des dynamites ou des explosifs difficilement inflammables, ni des détonateurs.

Art. 305. — Leurs dépôts seront disposés et tenus comme il est dit à l'article 286.

Art. 306. — La nature et les quantités des produits qui pourront être conservés par les débitants seront déterminées dans chaque cas particulier par l'arrêté d'autorisation, suivant le degré de sécurité que pourra présenter chaque dépôt.

Ces produits ne pourront être détenus au delà des quantités suivantes :

1° Poudres libres diverses, de tir, de chasse ou de mine, en grains : 50 kilogrammes (poids net) ;

2° Artifices de joie ou de signaux ; bonbons fulminants ; pois fulminants ; amorces pour briquets ou pour jouets d'enfants : 50 kilogrammes (poids brut) ;

3° Mèches de sûreté pour mineurs ; amorces électriques sans détonateurs : 500 kilogrammes (poids brut) ;

4° Cartouches de sûreté (de guerre, de chasse, de revolver ; cartouches Flobert à poudre) : jusqu'à concurrence de 500 kilogrammes de poudres y contenues ;

5° Amorces de chasse ou de guerre ; cartouches Flobert sans poudre : 200,000 pièces.

Les débitants qui emmagasineraient simultanément des artifices de joie ou de signaux et des poudres libres n'en pourront tenir plus de 75 kilogrammes en tout.

Art. 307. — Les débitants pourront conserver dans leur boutique :

1° 10 kilogrammes (poids net) de poudres libres diverses, contenues dans des récipients en laiton ou en fer-blanc, parfaitement fermés ;

2° 10 kilogrammes (poids brut) d'artifices de joie ou de signaux, contenus dans leurs emballages réglementaires ;

3° 100 kilogrammes (poids brut) de mèches de sûreté et d'amorces électriques sans détonateurs ;

4° Des quantités indéterminées de cartouches de sûreté, d'amorces ordinaires et de cartouches Flobert.

Il est entendu que ces quantités sont comprises dans les quantités fixées par l'arrêté d'autorisation.

Art. 308. — Les débitants se conformeront aux articles 300 et 301 concernant la vente en vente général.

Art. 309. — On ne pourra délivrer de poudre, à l'état libre, aux enfants âgés de moins de 16 ans.

CHAPITRE IX.

DÉTENTION PAR LES PARTICULIERS.

ART. 310. — Tout particulier peut détenir sans autorisation :

1° Jusque 2 kilogrammes (poids net) de poudres libres diverses, de tir, de chasse ou de mines, en grains ;

2° Jusque 10 kilogrammes des mêmes poudres, contenues dans des cartouches de sûreté pour armes portatives.

Les poudres libres seront conservées dans des boîtes métalliques fermées hermétiquement.

ART. 311. — Tout particulier peut également détenir :

1° Jusque 5 kilogrammes (poids brut) d'artifices de joie ou de signaux ;

2° Jusque 5 kilogrammes de mèches de sûreté ;

3° 5000 pièces d'amorces diverses et de cartouches Flobert sans poudre ;

4° Des douilles vides amorcées, en quantité indéterminée.

ART. 312. — Nul ne peut détenir, sans autorisation, des poudres comprimées, des dynamites ou des explosifs difficilement inflammables, ni des détonateurs. Il n'est pas dérogé toutefois aux dispositions légales et réglementaires concernant l'art de guérir.

ART. 313. — Les forains peuvent détenir, sans autorisation, les quantités de munitions de sûreté nécessaires à l'exercice de leur industrie.

ART. 314. — Par dérogation aux articles 226 et 312, le Ministre pourra permettre la détention de produits explosifs de toutes catégories, pour des usages scientifiques.

CHAPITRE X.

PORT AUX CHANTIERS ; EMPLOI.

ART. 315. — Les articles 127 et 128 sont applicables au port aux chantiers.

ART. 316. — Nul ne peut être porteur de détonateurs, de poudre comprimée, etc. dynamite ou d'explosif difficilement inflammable, que s'ils lui ont été confiés, pour un emploi déterminé, dans les conditions indiquées aux articles 317 à 322 et à l'article 326.

ART. 317. — Les explosifs en général, les détonateurs et les mèches consommés dans tous travaux quelconques seront fournis directement et exclusivement par les patrons.

Ceux-ci devront disposer, à cet effet, de magasins de distribution dûment autorisés.

Peuvent être utilisés comme magasins de distribution, l'un ou l'autre des dépôts ci-après indiqués, si leur situation satisfait aux dispositions de l'article 319 :

1° Les dépôts *C* dont la contenance autorisée ne dépasse pas celle qui est fixée à l'article 266 ;

2° Les dépôts *C* souterrains, dans les conditions indiquées à l'article 274 ;

3° Les dépôts journaliers *D* ;

4° Les dépôts *F* ;

5° Les dépôts temporaires prévus à la 8e section du chapitre VI.

ART. 318. — Les explosifs de toutes catégories, les détonateurs et les mèches ne seront distribués que par l'agent chargé de tenir la clef du magasin de distribution.

Les quantités délivrées n'excéderont pas les besoins prévus du poste.

Chaque ouvrier, et chacun des préposés mentionnés à l'article 321, remettra directement à l'agent distributeur les explosifs et les détonateurs non utilisés.

Art. 319. — La distribution des explosifs en général, des détonateurs et des mèches, se fera à proximité des puits ou des galeries d'accès s'il s'agit de travaux souterrains, ou au voisinage du lieu d'emploi s'il s'agit de travaux à ciel ouvert.

Art. 320. — Les poudres peuvent être distribuées directement aux ouvriers chargés de les employer. Ceux-ci devront les enfermer dans des récipients fermés hermétiquement.

Art. 321. — Les dynamites et les explosifs difficilement inflammables (explosifs brisants détonant à l'air libre), ainsi que les détonateurs, ne pourront être confiés, pour l'emploi dans tous travaux quelconques, qu'à des préposés (porions, contremaîtres surveillants) qui seuls les transporteront dans les travaux.

Toutefois, dans les travaux des mines, minières et carrières souterraines, le transport des explosifs (à l'exclusion des détonateurs), pourra être effectué par une personne autre que le préposé préindiqué, et ce, sous la responsabilité de celui-ci; les clefs des cartouchières resteront en mains des préposés.

Ces derniers assisteront au chargement et au tir des mines chargées des explosifs ci-dessus. Ils accuseront réception sur le registre du magasin de distribution du nombre de détonateurs et de chacune des cartouches de dynamite ou d'explosif difficilement inflammable qu'ils auront reçus. (Les séries ininterrompues de numéros pourront être désignées en bloc par les numéros extrêmes.) Ils consigneront, en outre, dans un carnet, le nombre des détonateurs utilisés ainsi que le nombre et la nature des cartouches consommées à chaque chantier.

De plus, l'agent chargé de la distribution accusera réception, chaque jour, dans les carnets ci-dessus, du nombre total de détonateurs et de chacune des cartouches de dynamite ou d'explosif difficilement inflammable non utilisés et restitués au magasin de distribution.

La balance du registre de ce magasin sera faite chaque jour, ainsi qu'il est dit à l'article 237.

Art. 322. — Dans tous travaux, les dynamites et les explosifs difficilement inflammables seront transportés aux lieux d'emploi dans des cartouchières en cuir bien conditionnées, soigneusement fermées, et d'où les détonateurs seront exclus.

Dans les mines, le dépôt provisoire et l'emploi des explosifs susdits sont subordonnés à l'observation des articles 52 à 56 du règlement de police des mines du 28 avril 1884, et à la condition que les explosifs soient hors de portée des ouvriers.

Dans tous autres chantiers, les cartouchières pourront, au besoin, être déposées provisoirement dans des coffres en bois massif, fermant à clef, placés dans des endroits isolés.

Les détonateurs pourront être placés dans un compartiment spécial de ces coffres, à la condition d'être contenus dans leurs boîtes métalliques, parfaitement fermées.

Art. 323. — Dans les mines et minières, les distributeurs et les préposés désignés aux articles 318 et 321, seront renseignés comme tels au contrôle prescrit par l'article 68 du règlement de police des mines susvisé et par l'article 27 du décret du 3 janvier 1813 sur les mines et minières.

Dans les autres travaux, ces agents seront désignés à la police locale par les patrons ou leurs délégués.

Dans les travaux exécutés par l'administration des ponts-et-chaussées, lesdits agents seront en outre désignés, par les patrons ou leurs délégués, à l'ingénieur en chef directeur des ponts-et-chaussées chargé de la direction des travaux.

Art. 324. — Le contrôle de la consommation des dynamites, des explosifs difficilement inflammables et des détonateurs s'établira par la comparaison des registres et des carnets prescrits aux articles 237 et 321.

Art. 325. — Des dérogations aux prescriptions du présent chapitre pourront être consenties par les députations permanentes, sur l'avis des ingénieurs des mines, s'il s'agit de mines, de minières ou des carrières citées à l'article 341 ; sur l'avis des ingénieurs en chef directeurs des ponts-et-chaussées, s'il s'agit de travaux exécutés par l'administration des ponts-et-chaussées, et sur l'avis du service de l'inspection des établissements dangereux, insalubres et incommodes, dans tous les autres cas.

Art. 326. — Dans les cas d'emplois temporaires prévus aux articles 294, 295, 296 et 298, la police locale et le permissionnaire veilleront à ce qu'aucun détournement d'explosifs ou de détonateurs ne puisse avoir lieu.

Art. 327. — Indépendamment du devoir de surveillance qui incombe aux autorités locales, l'exécution des prescriptions du présent chapitre sera surveillée, dans chaque exploitation, par les agents chargés de la surveillance du ou des dépôts de distribution desservant cette exploitation (voir art. 317 et 342). Ces agents auront le droit de constater, par des procès-verbaux faisant foi jusqu'à preuve contraire, toute contravention aux prescriptions susdites.

CHAPITRE XI.

IMPORTATION ET TRANSIT.

1re Section.

Importation pour la consommation.

Art. 328. — Les produits importés pour la consommation sont soumis au même régime que les produits indigènes, en ce qui concerne la reconnaissance officielle, l'emballage, le transport, l'emmagasinage et la vente. Ils doivent pouvoir satisfaire aux épreuves prescrites par les articles 55 et 68 (voir annexe n° 1, page 71).

*Art. 329. — En cas d'importation par quantités dépassant 300 kilogrammes, le transport devra être surveillé par une escorte, comme il est dit aux articles 165 à 168. L'expéditeur ou son représentant fera les diligences nécessaires pour que l'escorte reçoive le transport à l'extrême frontière, ou au premier bureau d'arrivée, s'il s'agit d'importation par chemin de fer.

Toutefois, les bateaux entrant par l'Escaut maritime pourront continuer directement jusqu'à la hauteur de Lillo, où, sauf le cas de force majeure, ils devront faire arrêt pour embarquer l'escorte. Le service de la douane est spécialement chargé de faire observer cette prescription et de dresser procès-verbal des contraventions qu'il constaterait à cet égard.

En cas d'absence de l'escorte, ledit service la requerra d'office, aux frais de qui il appartiendra, auprès de l'autorité militaire compétente. Ces réquisitions se feront dans les délais ci-après :

a. Pour les navires et bateaux à l'entrée, se présentant en rade de Lillo entre le lever et le coucher du soleil, à l'expiration de la première heure de leur arrivée;

b. Pour les navires ou bateaux se présentant en rade de Lillo entre le coucher et le lever du soleil, à l'expiration de la première heure du jour.

Art. 330. — Les dynamites importées pour la consommation pourront n'être admises à l'intérieur du pays qu'après avoir été essayées à la frontière. Les essais

pourront également être faits dans la fabrique importatrice, aux frais des intéressés, par un délégué du Gouvernement belge.

Art. 331. — Les essais seront faits par le service de l'inspection des établissement dangereux, s'il s'agit d'importation par roulage ou par eau, et par le laboratoire des chemins de fer de l'État, s'il s'agit d'importation par chemin de fer.

En attendant qu'il ait été statué en suite desdits essais, les transports seront arrêtés au bureau d'entrée et le dépôt temporaire des explosifs sera soumis aux dispositions prises en exécution de l'article 348 [1].

Art. 332. — Les dynamites qui, ayant satisfait aux épreuves, ne seraient pas conformes aux types reconnus et classés en vertu de l'article 3, devront être réexportées. Tous explosifs reconnus de mauvaise qualité seront confisqués et détruits.

Art. 333. — En cas d'importation d'explosifs, le destinataire belge qui en aura fait la commande sera tenu d'attirer l'attention de l'expéditeur sur les conditions de l'emballage et sur les formalités moyennant lesquelles le transport peut avoir lieu en Belgique. Il devra pouvoir justifier par ses livres ou pièces de comptabilité qu'il a donné à l'expéditeur les instructions voulues. A défaut par lui de faire cette justification, il sera tenu, comme l'expéditeur, des conséquences de l'omission desdites formalités et conditions.

2e Section.

Transit.

Art. 334. — Le transit des produits explosifs, autres que les artifices et les munitions de sûreté, est interdit, conformément à la loi du 1er mai 1858.

Cette prohibition n'est pas applicable auxdits produits importés par mer et transbordés au bureau de déchargement sur d'autres navires pour être immédiatement réexportés par le port même d'importation.

Art. 335. — Le transit par transbordement prévu à l'article précédent ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation spéciale du gouverneur; il en est de même pour la relâche momentanée dans un port d'un navire chargé de produits explosifs, ainsi que pour le dépôt provisoire en allège de produits de l'espèce importés par un navire qui se trouve dans l'obligation de les débarquer momentanément pendant la durée de son séjour dans le port.

Les opérations susdites sont soumises aux prescriptions qui concernent le transport par eau, sauf que l'emballage des produits n'a pas à être strictement conforme aux dispositions du chapitre IV; il suffira qu'il présente des garanties de sécurité au moins égales à celles exigées pour les produits consommés à l'intérieur du pays.

Les prescriptions de l'article 329 sont également applicables à ces opérations.

Art. 336. — Le gouverneur pourra subordonner les opérations prévues à l'article précédent à toutes autres conditions commandées par la sécurité publique et, notamment, ordonner que les produits soient soumis à une vérification ou à des essais à l'effet de constater si leurs qualités ou conditionnement présentent des garanties suffisantes pour la durée de leur séjour dans le pays.

[1] Voir, annexe 6, l'arrêté ministériel du 31 octobre 1894, réglant le dépôt temporaire des explosifs saisis.

CHAPITRE XII.

ACCIDENTS.

ART. 337. — Sauf ce qui est prévu à l'article suivant, tout cas d'incendie, d'inflammation ou d'explosion, survenu dans la fabrication, l'emmagasinage et le transport par roulage ou par eau de produits explosifs, sera signalé immédiatement, par télégramme, au service de l'inspection des établissements dangereux, qui procédera, s'il y a lieu, à une enquête administrative, après en avoir référé préalablement au Ministre.

A part les travaux indispensables pour porter secours aux victimes ou pour prévenir de nouveaux sinistres, l'état des lieux ne pourra être modifié avant l'enquête.

En cas de destruction d'un atelier de fabrication isolé, le permissionnaire devra soumettre à la députation permanente les plans de reconstruction, afin qu'il puisse y être apporté, le cas échéant, les modifications réclamées par la sécurité publique.

ART. 338. — Les fonctionnaires chargés de la surveillance des dépôts *C* et *D* connaîtront des accidents auxquels ces dépôts donneront lieu. A cette fin, les exploitants, entrepreneurs ou propriétaires des dépôts les en aviseront immédiatement et par télégramme.

La prescription du second paragraphe de l'article précédent est également applicable aux enquêtes sur ces accidents.

ART. 339. — Les exploitants, entrepreneurs ou propriétaires d'une fabrique ou d'un dépôt de produits explosifs aviseront également, de tout accident, la police locale et le procureur du roi. Cet avis sera donné dans les douze heures de l'accident.

CHAPITRE XIII.

INSPECTION ET SURVEILLANCE. — PÉNALITÉS. — DISPOSITIONS DIVERSES.

ART. 340. — Les inspecteurs des établissements dangereux, insalubres ou incommodes sont chargés de la haute surveillance des fabriques et des magasins de produits explosifs. Ils veilleront à l'exécution des prescriptions qui font l'objet du présent règlement, ainsi que des arrêtés spéciaux d'autorisation, sauf en ce qui concerne les transports par chemin de fer, dont la police est exercée en vertu de dispositions spéciales, et sauf aussi en ce qui concerne les dépôts soustraits au régime des établissements dangereux.

Les inspecteurs ont le droit de visiter en tout temps les fabriques et les magasins. Ils ont qualité pour rechercher et constater, par des procès-verbaux faisant foi jusqu'à preuve contraire, les infractions aux dispositions de tous arrêtés relatifs aux substances explosives.

Les procès-verbaux doivent être dressés, autant que possible, séance tenante. Une copie en est remise au contrevenant et une autre copie en est transmise au procureur du roi.

ART. 341. — Les officiers des mines sont chargés, concurremment avec les inspecteurs des établissements dangereux, de surveiller les dépôts *C* dépendant des mines, minières et carrières souterraines. Il en sera de même pour les dépôts *C* dépendant des carrières à ciel ouvert dans les provinces minières : Hainaut, Liége, Namur et Luxembourg, et dans toutes les carrières de l'arrondissement de Nivelles à Hal et Ninove.

Remplissant, en ce qui concerne cette mission de surveillance, les fonctions

d'inspecteurs des établissements dangereux, conformément à l'article 14 de l'arrêté royal du 29 janvier 1863, ils ont qualité pour rechercher et constater les infractions aux règlements et arrêtés par des procès-verbaux faisant foi jusqu'à preuve contraire, ainsi qu'il est dit à l'article précédent.

Les rapports de visite et d'inspection des officiers des mines, ainsi que leurs procès-verbaux, seront communiqués, par le directeur général des mines, à l'administration qui a dans ses attributions la police des établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Art. 342. — La surveillance des dépôts *D*, dans les mines, minières, carrières souterraines et carrières à ciel ouvert mentionnées dans l'article précédent, sera exercée par les ingénieurs des mines; dans les autres carrières à ciel ouvert, elle sera exercée par l'administration des ponts-et-chaussées.

Enfin, les dépôts *D* établis pour la construction et la réparation des routes, canaux, chemins de fer, bâtiments civils, seront surveillés par l'administration des ponts-et-chaussées ou par les services voyers provinciaux.

Les divers agents mentionnés au présent article ont qualité pour rechercher et constater par des procès-verbaux faisant foi jusqu'à preuve contraire, les contraventions aux dispositions concernant les dépôts *D*.

Le paragraphe 3 de l'article 340 est applicable à ces procès-verbaux.

*Art. 343. — Les infractions en matière de transport par roulage ou par eau pourront être constatées, de la même façon, par les ingénieurs et conducteurs des ponts-et-chaussées, les cantonniers des routes et tous agents des ponts-et-chaussées désignés à l'article 101 du règlement général des voies navigables. Les infractions en matière de transport par eau pourront aussi être constatées par les fonctionnaires de la police maritime et de l'administration du pilotage.

Art. 344. — Les agents des postes pourvus d'une nomination royale ou ministérielle sont chargés de rechercher et constater, dans la même forme, les infractions à la défense d'expédier des explosifs par la poste.

Art. 345. — Les employés des douanes sont chargés de rechercher et de constater les contraventions aux dispositions du présent règlement, en ce qui concerne les conditions d'emballage et de transport :

1° Des produits importés ou transbordés dans le port d'importation ;

2° Des produits indigènes circulant dans le rayon des douanes de 10,000 mètres, y compris l'Escaut à partir de la rade de la Pipe de Tabac.

Art. 346. — Les chefs d'industrie, patrons, directeurs ou gérants qui mettent obstacle à la surveillance des délégués du Gouvernement sont punis des peines comminées par les articles 3 et suivants de la loi du 5 mai 1888, relative à l'inspection des établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Art. 347. — Conformément à l'art. 3 de la loi du 22 mai 1886, les substances ou engins saisis seront confisqués.

Dans tous les cas où la sécurité publique l'exigerait, les explosifs pourront toujours être détruits sur l'ordre du juge d'instruction ou du procureur du roi. Il pourra en être de même si les explosifs ou engins saisis ne sont pas reconnaissables, ou si le propriétaire n'en est pas connu dans les quarante-huit heures de la découverte.

Lorsque la destruction immédiate ne sera pas exigée dans l'intérêt de la sécurité publique, il y aura lieu d'observer les règles ci-après :

a) S'il n'y a aucune contestation sur la personne du légitime propriétaire d'explosifs volés ou détournés, celui-ci pourra les faire reprendre à ses frais et

sous sa responsabilité, dans les vingt-quatre heures à partir du moment où il aura été avisé de la découverte. A défaut par lui d'avoir pris possession des explosifs ou engins dans le délai ci-dessus fixé, la destruction pourra avoir lieu sur l'ordre du parquet ou du juge d'instruction.

b) S'il y a contestation sur la personne du légitime propriétaire de produits volés, détournés ou présumés tels, les intéressés pourront s'entendre dans les quarante-huit heures de la découverte pour faire enlever à leurs frais et sous leur responsabilité les objets saisis et les faire déposer provisoirement dans un magasin dûment autorisé. A défaut par les intéressés de s'être entendus sur ce point dans le délai ci-dessus fixé, la destruction pourra être ordonnée par le parquet ou le juge d'instruction.

Dans tous les cas où la destruction aura lieu, il sera fait préalablement une description aussi précise que possible des cartouches ou engins.

Art. 348. — Les mesures à prendre, soit pour le dépôt temporaire des produits saisis et confisqués par l'autorité judiciaire ou administrative, soit pour la destruction de ces produits, seront réglées par le Ministre de l'Agriculture, de concert, s'il y a lieu, avec le Ministre de la Guerre [1].

Art. 349. — Lorsque les produits explosifs menaceront la sécurité publique, sans qu'aucune contravention puisse être relevée, les bourgmestres et les gouverneurs pourront ordonner la saisie de ces produits, leur dépôt temporaire dans un magasin ou un endroit propice, ou leur destruction.

Le dépôt temporaire s'effectuera de la même manière que celui prévu à l'article précédent, mais il ne pourra excéder cinq jours. Si, ce délai écoulé, les intéressés n'ont pas repris la marchandise saisie, à leurs frais et sous leur responsabilité, la destruction pourra être ordonnée par les bourgmestres ou les gouverneurs.

Dans les cas où la destruction serait jugée utile, ces autorités prendront au préalable l'avis d'un expert, ou celui d'un inspecteur des établissements dangereux.

Art. 350. — Tous frais occasionnés en exécution des articles 347, 348 et 349 seront à charge de la personne pénalement ou civilement responsable de la contravention, ou à charge du propriétaire des explosifs, s'il n'y a pas contravention.

Art. 351. — Les infractions aux dispositions du présent règlement, aux instructions administratives et aux arrêtés pris en exécution de l'une ou de l'autre d'entre elles, ainsi qu'aux prescriptions des arrêtés d'autorisation, seront punies des peines comminées par la loi du 15 octobre 1881 et, s'il y a lieu, des peines établies par la loi du 22 mai 1886.

En cas de vol ou de détournement de tout produit explosif, le patron, industriel, directeur d'exploitation ou la personne jouissant d'une autorisation quelconque sera tenue d'en informer aussitôt la police locale et le procureur du roi. A défaut de le faire dans les vingt-quatre heures de la constatation de l'infraction, elle encourra les pénalités prévues au paragraphe précédent.

Dans tous les cas, lesdites pénalités seront appliquées sans préjudice au retrait de l'autorisation, qui pourra être prononcé par l'autorité administrative.

[1] Voir, annexes nos 4 et 5, pages 845 et 846, deux instructions du Ministre de la Guerre concernant l'admission des poudres noires dans les magasins militaires, et la destruction de tous produits explosifs par les officiers d'artillerie.

Voir également, annexe 6, l'arrêté ministériel du 31 octobre 1894, réglant le dépôt temporaire des explosifs saisis.

Art. 352. — Sauf les exceptions prévues aux articles 45 et 275, le présent règlement entrera en vigueur le 1er février 1895.

Art. 353. — Seront abrogés, à partir de la même date, les arrêtés royaux du 1er décembre 1891, du 25 février et du 20 août 1892. Toutefois, sauf stipulations contraires, les arrêtés ministériels de reconnaissance et de classement, pris en exécution de l'arrêté royal du 1er décembre 1891, subsistent.

Art. 354. — Il n'est rien changé par le présent règlement aux dispositions qui concernent les substances explosives appartenant aux magasins et établissements militaires.

Art. 355. — Notre Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics et Notre Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Ostende, le 29 octobre 1894.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics,

Léon de Bruyn.

Le Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes,

J. Vandenpeereboom.

Annexe n° 1.

ÉTABLISSEMENTS CLASSÉS.

Dynamites. — Essais de chaleur.

Le Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics

Vu les articles 55 et 68 du règlement général du 29 octobre 1894, sur les produits explosifs, lesquels stipulent que les nitrocelluloses et les dynamites diverses devront supporter, sans altération, des épreuves de stabilité qui seront déterminées par arrêté ministériel;

Revu l'arrêté ministériel du 12 juin 1893 réglementant ces épreuves;

Attendu que les termes de cet arrêté doivent être modifiés, afin d'être mis en rapport avec le classement nouveau des explosifs déterminé par l'article 2 du règlement général du 29 octobre 1894;

Vu les propositions de la Commission chargée de reviser le règlement général du 1er décembre 1891,

Arrête :

Article premier. — Les dispositions de l'arrêté ministériel du 12 juin 1893 réglementant les épreuves de chaleur prescrites par les articles 56 et 67 de l'arrêté royal du 1er décembre 1891, seront désormais remplacées par celles du présent arrêté.

Art. 2. — Les dynamites proprement dites dont on peut extraire la nitroglycérine par un lavage à l'eau, selon le procédé indiqué au § 5 de l'article 3 du présent arrêté, ne pourront contenir plus de 3 p. c. de carbonates de sodium ou de potassium, ni plus de 1 1/2 p. c. de carbonate d'ammonium.

Les autres dynamites proprement dites (gélatines explosives, dynamites-gommes, dynamites-gélatines, gélignites, forcites, etc.) ne pourront contenir plus d'un dixième p. c. de carbonates de potassium, de sodium ou d'ammonium, ni plus de 1 p. c. de carbonates de calcium ou de magnésium.

Les nitrocelluloses ne pourront contenir plus d'un dixième p. c. de carbonates de potassium, de sodium ou d'ammonium.

Art. 3. — Les épreuves prévues par les articles 55 et 68 du règlement du 29 octobre 1894 s'effectueront conformément aux instructions suivantes, qui règlent la nature de l'appareil d'épreuve, la préparation du papier d'épreuve et le mode d'épreuve spécial à chaque produit.

§ 1er. — *Appareil d'épreuve.*

Cet appareil consistera en un vase rempli d'eau, dont la forme et la nature seront quelconques, mais dont le volume sera tel que, rempli jusqu'à un demi-centimètre environ du bord et chauffé par une source de chaleur suffisante, ce vase puisse être maintenu à une température constante pendant un quart d'heure au moins.

Sur ce vase, on posera un couvercle libre percé d'ouvertures permettant de maintenir dans le bain d'eau un thermomètre et des tubes d'essai de 15 millimètres de diamètre et 12 centimètres de longueur.

Ces tubes seront munis de bouchons en liège ou en caoutchouc portant au centre un trou dans lequel pourra passer, à frottement doux, une tige en verre terminée par un petit crochet en verre ou en platine destiné à soutenir le papier d'épreuve.

§ 2. — *Préparation du papier d'épreuve.*

Le papier d'épreuve se préparera comme suit :

On mélangera parfaitement par agitation, puis on portera pendant 10 minutes à l'ébullition, 3 grammes d'amidon lavé préalablement à l'eau froide et 260 centimètres cubes d'eau ; d'autre part, on fera dissoudre un gramme d'iodure de potassium bien pur dans 260 centimètres cubes d'eau ; on mélangera intimement ces deux solutions, et on laissera refroidir.

On plongera dans la liqueur ainsi obtenue, pendant dix secondes au moins, des feuilles de papier filtre bien blanc ; on fera sécher ce papier à l'abri de la poussière et des fumées, et on le conservera à l'abri de la lumière dans des flacons bien bouchés. Ce papier, dont on découpera des lanières de 2 centimètres de longueur et de 1 centimètre de largeur, pourra être employé aussi longtemps qu'une goutte d'acide acétique dilué n'y produira pas de coloration brune ou bleuâtre.

§ 3. — *Épreuve des nitrocelluloses pures ou mélangées de nitrates, comprimées ou non.*

Si les nitrocelluloses sont comprimées, on enlèvera, par un léger grattage, environ 30 grammes du produit dans la partie centrale du gâteau ou de la cartouche, et on pulvérisera cette matière, si c'est nécessaire, par frottement entre les doigts ; le produit ainsi pulvérisé sera desséché à la température de 50 degrés, pendant

15 minutes, dans une étuve à eau dont on laissera la porte grande ouverte; il sera ensuite exposé à l'air pendant deux heures.

Si les produits ne sont pas comprimés, on opérera directement leur dessiccation et leur exposition à l'air dans les mêmes conditions.

Pendant l'exposition à l'air, on écrasera entre les doigts certaines parties de l'échantillon, si c'est nécessaire, de façon à obtenir une poudre fine qui sera soumise à l'épreuve de la manière ci-après indiquée.

On tassera légèrement dans le tube d'épreuve 1,3 gramme du produit préparé comme il vient d'être dit.

L'eau du bain étant parvenue et maintenue à une température de 65 degrés centigrades (le thermomètre plongeant dans l'eau de 10 centimètres environ), le tube sera engagé dans l'une des ouvertures du couvercle et plongé dans l'eau chaude jusqu'à la profondeur de 7 centimètres environ.

On fixera au crochet de la baguette en verre un morceau de papier ioduré, de manière à ce qu'il prenne une position verticale lorsqu'on l'introduira dans le tube.

On appliquera, à la partie supérieure de ce morceau de papier, une goutte d'eau distillée contenant la moitié de son poids de glycérine pure. Cette quantité doit suffire à mouiller seulement la moitié du papier.

On fermera le tube d'essai à l'aide du bouchon portant la baguette, et l'on maintiendra le papier ioduré aussi près que possible du haut du tube jusqu'à ce que le tube d'épreuve ait subi 5 à 6 minutes d'immersion.

Au bout de ce temps, un anneau de vapeur se dépose sur le tube d'épreuve, un peu au-dessus du couvercle du bain; on devra alors abaisser la baguette de verre jusqu'à ce que la limite inférieure de la partie mouillée du papier soit au niveau du bas de l'anneau humide du tube.

On observera alors le papier attentivement. L'épreuve sera terminée quand une très faible coloration brune apparaîtra sur la ligne de démarcation entre la partie sèche et la partie mouillée du papier.

L'intervalle de temps compris entre le moment où l'on plonge dans l'eau à 65 degrés le tube contenant l'échantillon à essayer et le moment où se produit la coloration brune du papier est ce qui constitue l'épreuve.

Cet intervalle doit être au minimum de 10 minutes.

§ 4. — *Épreuves de la nitroglycérine.*

On pèsera dans le tube d'épreuve 3.20 grammes de nitroglycérine, en ayant soin de ne pas mouiller les parois du tube.

L'eau du bain sera maintenue à la température de 70 degrés centigrades, le thermomètre étant plongé dans l'eau chaude jusqu'à la profondeur de 7 centimètres environ.

Le papier ioduré sera fixé au crochet de la baguette en verre de manière à être vertical lorsqu'il sera introduit dans le tube d'épreuve, puis on appliquera à la partie supérieure de ce morceau de papier une goutte d'eau distillée contenant la moitié de son poids de glycérine pure.

On fixera ensuite le bouchon et la baguette de façon que le bord inférieur du papier d'épreuve soit à peu près à mi-hauteur du tube, et l'on introduira celui-ci par l'une des ouvertures du couvercle dans une position telle que la ligne de démarcation entre la partie sèche et la partie mouillée du papier soit située à 15 millimètres au-dessus du couvercle.

La nitroglycérine devra pouvoir rester 15 minutes dans ces conditions, avant qu'il se produise une faible coloration brune sur la ligne de démarcation entre la partie sèche et la partie mouillée du papier.

§ 5. — *Épreuve des dynamites proprement dites dont on peut extraire la nitroglycérine par un lavage à l'eau.*

On placera 20 à 25 grammes de l'explosif bien divisé dans un entonnoir dont le col aura été préalablement garni d'asbeste fraîchement calcinée. La surface de l'explosif sera égalisée au moyen d'une tige en verre à tête plate, puis on répandra au-dessus une couche de 3 millimètres environ d'épaisseur de kieselguhr lavé et bien sec.

On versera avec soin de l'eau distillée sur ce kieselguhr à l'aide d'un flacon laveur, et lorsqu'une première portion de cette eau aura été absorbée, on en ajoutera de la nouvelle et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on ait recueilli suffisamment de nitroglycérine. Si de l'eau a passé en même temps que la nitroglycérine, on l'enlèvera avec du papier brouillard; au besoin, on passera la nitroglycérine à travers un filtre bien sec.

La nitroglycérine ainsi recueillie devra satisfaire au mode d'épreuve indiqué au § 4.

§ 6. — *Essai des explosifs contenant de la gélatine explosive (gélatine explosive, dynamite-gélatine, gélignite, forcite, etc.).*

On mélangera intimement 3.20 grammes de ces explosifs avec 6.40 grammes de talc de bonne qualité, contenant environ 1/2 p. c. d'humidité, et l'on introduira graduellement ce mélange dans le tube d'épreuve, en frappant légèrement sur la table au fur et à mesure de l'introduction.

On opérera ensuite selon le mode indiqué au § 4 pour la nitroglycérine.

L'échantillon devra subir une immersion de 8 minutes dans le bain chauffé à 70 degrés centigrades, avant qu'une coloration brunâtre apparaisse sur la ligne de démarcation entre la partie sèche et la partie mouillée du papier ioduré.

Art. 4. — Le présent arrêté n'est pas applicable aux explosifs fabriqués pour le compte du Département de la Guerre.

Bruxelles, le 31 octobre 1894.

Le Ministre,
Léon de Bruyn.

Produits explosifs.

Liste des magasins ou dépôts, dûment autorisés, autres que ceux des débitants patentés, tenue en exécution de l'article 303 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894.

NUMÉRO D'ORDRE.	NOM, PRÉNOMS ET DOMICILE DES DÉPOSITAIRES.	COMMUNE OÙ LE DÉPÔT EST SITUÉ.	NATURE ET QUANTITÉ DES PRODUITS EMMAGASINÉS.					AUTORISATION.			OBSERVATIONS.
			Poudres libres. — Kilog.	Dynamites et explosifs difficilement inflammables. — Kilog.	Détonateurs.	Munitions de sûreté.	Artifices.	Autorité d'où elle émane.	Date.	Durée.	

Annexe N° 3. PROVINCE DE

Produits explosifs.

Liste des dépôts, dûment autorisés, des débitants patentés, tenue en exécution de l'article 303 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894.

NUMÉRO D'ORDRE.	NOM, PRÉNOMS ET DOMICILE DES DÉPOSITAIRES.	COMMUNE OÙ LE DÉPÔT EST SITUÉ.	NATURE ET QUANTITÉ DES PRODUITS EMMAGASINÉS.					AUTORISATION.			OBSERVATIONS.
			Poudres libres diverses. — Kilog.	Artifices de joie. — Kilog.	Meches de sûreté. — Kilog.	Amorces ordinaires dans des cartouches de sûreté. — Kilog.	Amorces ordinaires et cartouches Flobert sans poudre. — Pièces	Autorité d'où elle émane.	Date.	Durée.	

ANNEXE N° 4.

—

Instruction sur le dépôt, dans les magasins de l'artillerie, des poudres ordinaires saisies et confisquées par l'autorité judiciaire ou civile, ainsi que sur la destruction des substances explosives et des munitions confectionnées saisies, mais non susceptibles de dépôt.

1. Les gardes d'artillerie chargés de la gestion des magasins de guerre doivent recevoir en dépôt, conformément aux indications ci-après, la *poudre ordinaire* provenant de saisie effectuée par les autorités judiciaires ou civiles pour contravention :

1° A la loi générale du 26 août 1822, concernant la perception des droits de douane et d'accise, ainsi que du droit de tonnage des navires de mer, modifiée par les lois du 6 avril 1843 sur la répression de la fraude, du 4 mars 1846 sur les entrepôts, des 6 août 1849, 3 mars 1851, 1er mai 1858 et 27 mai 1861 sur le transit;

2° Aux lois du 15 octobre 1881 et du 22 mai 1886, concernant la fabrication, les dépôts, le débit, le transport par terre et par eau, le mode d'emploi, la détention et le port des poudres ordinaires, de toutes autres substances explosives et d'engins meurtriers agissant par explosion, ainsi qu'aux règlements portés en exécution de ces lois.

2. Dès que le garde d'artillerie est avisé par l'autorité qui a opéré la saisie, de l'envoi des poudres ordinaires à déposer, il en réfère à son commandant du matériel.

3. Ce dernier officier prend d'abord toutes les mesures d'ordre que l'arrivée des poudres comporte. Il fait procéder ensuite à l'examen des poudres et des barils reçus pour constater leur espèce, poids ou nombre.

Les poudres de bonne qualité sont emmagasinées dans des locaux convenables ne contenant, autant que possible, aucune poudre appartenant à l'État. A défaut de place dans ces locaux, les poudres qui ne peuvent être abritées, ainsi que celles qui paraissent mêlées de substances dangereuses, sont conservées en plein air sur chantiers provisoires à distance suffisante des bâtiments militaires. Dans ces deux derniers cas, les barils sont recouverts de bâches et le dépôt est placé sous la surveillance de sentinelles.

4. Le commandant du matériel observe pour le surplus les prescriptions réglementaires concernant les poudres de guerre et fait préparer les barils s'il y a lieu.

Il fait enfin dresser, en triple expédition, le procès-verbal de réception et de dépôt, — soit en magasin, soit en plein air — de la poudre saisie, le signe et le remet au garde d'artillerie.

5. Ce dernier comptable signe le procès-verbal pour recette; il en garde une expédition, en fait parvenir une à l'autorité qui fait le dépôt et en transmet une, par la voie hiérarchique, avec pièces à l'appui, au Ministre de la Guerre.

6. Les poudres saisies ne peuvent être restituées que sur l'autorisation ministérielle préalable. Toute demande à ce sujet doit être transmise sans retard au Ministre de la Guerre.

7. Toute substance explosive autre que la poudre ordinaire, sans aucune exception, de même que toutes munitions confectionnées, ne sont pas susceptibles d'être reçues en dépôt.

8. Les substances explosives et les munitions confectionnées saisies et confis-

quées par les autorités judiciaires ou civiles, seront détruites par les soins d'un officier d'artillerie.

Les autorités susdites s'adresseront à cette fin au commandant de la place, s'il s'y trouve des troupes d'artillerie; sinon, ils s'adresseront au commandant de place de la garnison d'artillerie la plus voisine.

L'officier qui sera requis par le commandant de place prendra d'urgence et sous sa libre direction les mesures nécessaires, tant pour l'enlèvement et le transport des objets saisis que pour leur destruction. Cet officier dressera, sur papier libre, un mémoire des frais, auquel il joindra le réquisitoire de l'autorité compétente, et il enverra le tout à ladite autorité qui donnera suite à cet envoi, conformément à la disposition finale de l'article 14 de l'arrêté royal du 18 juin 1853.

9. Toutes les dispositions antérieures relatives au dépôt des poudres ordinaires et autres substances explosives saisies sont abrogées.

—

ANNEXE N° 5 *.

—

Instruction sur la destruction des matières explosives saisies et confisquées par les autorités judiciaires ou civiles, approuvée par dépêche du Ministre de la Guerre en date du 5 mai 1893, 3e direction, n° 6071.

I. — CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES ENGINS EXPLOSIFS.

ARTICLE PREMIER. — On désigne dans la présente instruction les engins explosifs sous les trois dénominations suivantes :

a) Les pétards.

b) Les bombes.

c) Les artifices divers.

ART. 2. — On entend par *pétard*, tout engin, ouvert ou non, lorsque sa forme ou son apparence permet de déterminer quelle est sa composition et comment on y met le feu.

Tels sont les tubes métalliques, en carton ou en papier (cartouches), les boîtes, caisses, etc., renfermant une poudre noire, une dynamite, un pyroxile, un mélange détonant ou toute autre substance ayant des propriétés explosives ou incendiaires.

ART. 3. — On appelle *bombe*, tout engin fermé, qui est supposé contenir une des substances citées à l'article 2, lorsqu'il est nécessaire de prendre des précautions spéciales pour reconnaître sa nature, eu égard à l'ignorance où l'on se trouve, non seulement quant à l'explosif qu'il renferme, mais principalement en ce qui concerne la manière d'y mettre le feu. Il faut classer dans cette catégorie : les obus, les bombes, les récipients métalliques ou non, qu'on ne peut ouvrir tout de suite (machines infernales).

ART. 4. — Les bombes peuvent être de deux espèces :

Première espèce : Bombes qui doivent faire explosion à un moment déterminé (bombes à mécanismes).

* Instruction modifiée (voir n° 580, page 730).

Deuxième espèce : Bombes qui doivent faire explosion dans une position déterminée (bombes à renversement).

Les deux systèmes peuvent être combinés dans le même engin.

Art. 5. — On entend par *artifices* les munitions confectionnées et les engins de mise de feu généralement connus; ils renferment ordinairement du fulminate de mercure, du chlorate de potasse, du picrate ou du fulmi-coton.

II. — MANIEMENT ET TRANSPORT.

Art. 6. — Lors du maniement des pétards, bombes et artifices, il est important d'observer strictement les instructions en vigueur pour les poudres.

a) *Pétards.*

Art. 7. — Généralement les pétards, au moment de leur découverte, sont amorcés au moyen d'une capsule au fulminate, munie d'un bout de mèche (Bickford, de communication ou autre).

Il faut immédiatement enlever le bout de mèche avec la capsule.

Les pétards doivent être transportés dans des caisses, barils ou paniers en bois ou en zinc, mais jamais en fer. Il faut avoir soin de remplir les vides du récipient au moyen d'étoupe ou de sciure de bois.

b) *Bombes.*

Art. 8. — Généralement une bombe qui n'a pas éclaté 30 minutes environ après sa découverte, peut être considérée comme n'étant pas de la première espèce, à moins que le mécanisme ne soit arrêté pour une cause quelconque, notamment parce qu'on a changé la position de la bombe. Il est donc essentiel de manier cet engin avec les plus grandes précautions.

Dans tous les cas, il faut agir comme si la bombe était à renversement.

A cet effet, on fera à la partie supérieure de l'engin (s'il n'existe pas de repère naturel) une marque quelconque en se servant de craie, d'un crayon, etc., de manière à être certain que la bombe reste, pendant le maniement et le transport, dans sa position primitive.

Si la forme et le poids de la bombe permettent un transport facile, on peut la faire porter à bras par un ou plusieurs hommes; sinon, il faut obligatoirement se servir d'un ustensile quelconque (panier, caisse, baril, etc.), dans lequel on fixe l'engin au moyen d'une couronne de paille, d'un lit de papier ou d'étoupe, de sciure de bois, etc.

On doit vérifier, au préalable, la solidité du matériel de transport et le renforcer au besoin par des cadres, des lattes, etc.

Il ne faut se servir, en aucun cas, d'un appareil roulant (brouette, charrette, etc.) pouvant donner à la bombe des secousses.

c) *Artifices.*

Art. 9. — Les artifices se transportent comme les pétards.

III. — DESTRUCTION.

A. — *Moyens à employer.*

ART. 10. — La destruction des matières explosives, qu'elle ait été ou non précédée d'une expertise qui a fait déterminer la nature de ces matières, exige une grande prudence. Si l'on a quelques garanties quand l'objet à détruire porte sur son enveloppe intacte le nom du fabricant ou l'indication de l'explosif, il n'en est plus ainsi pour des substances confectionnées par le premier venu. En tout cas, il est à redouter que les substances ne soient altérées.

Les matières à détruire doivent être transportées en dehors de toute agglomération, sur un terrain désigné par l'autorité communale et éloigné de 300 mètres au moins de toute habitation.

a) *Pétards.*

ART. 11. — La destruction peut se faire par *combustion* ou par *explosion*.

La combustion est le moyen le plus rapide. Mais il est parfois impossible d'employer ce moyen et, en outre, il est souvent dangereux, car il est possible qu'une capsule autre que celle fixée à la mèche, soit noyée dans la masse de l'explosif ou que la substance détone par suite de la combustion. Il faut dans tous les cas prévoir une explosion.

On met le feu par un procédé qui permet aux opérateurs de se retirer au moins à 50 mètres.

Pour les pétards dont l'amorce est enlevée, il convient d'essayer de les détruire par combustion en se servant de la mèche Bickford à enveloppe de gutta-percha.

La bonne qualité de cette mèche doit être vérifiée d'avance en faisant brûler un morceau d'un mètre : la combustion doit se faire régulièrement. On utilise cette opération préliminaire pour vérifier la durée de combustion.

L'emploi de copeaux de bois imbibés de pétrole et d'autres combustibles peut être également préconisé.

Pour mettre le feu, il faut se placer du côté du vent.

Si l'on doit détruire un grand nombre de pétards désamorcés, on agit, si c'est possible, sur 200 grammes au plus à la fois, afin d'éviter une forte élévation de température qui entraînerait une explosion.

Les pétards dont l'amorce n'a pu être enlevée sont détruits un à un, par explosion, par l'un des moyens indiqués ci-dessus; l'opérateur doit se retirer à 100 mètres au moins du lieu de l'explosion.

b) *Bombes.*

ART. 12. — Les bombes sont détruites par *rupture*. Le moyen le plus recommandable consiste à faire usage d'une cartouche amorcée de dynamite ou mieux de tonite, la manipulation de cette dernière substance offrant moins de danger.

Le poids de la cartouche à employer doit être évalué approximativement d'après la résistance supposée de l'enveloppe.

La bombe est placée dans une excavation du sol, la cartouche amorcée maintenue au-dessus à l'aide d'un bout de ficelle ou d'un morceau de gazon. On recouvre

le tout d'un matelas de terre. Une longue mèche est nécessaire pour permettre aux opérateurs de se retirer au moins à 100 mètres et de s'abriter, si possible.

Si, pour quelque cause que ce soit, l'explosion ne se produit pas, il faut, avant d'approcher de l'engin à détruire, laisser écouler au moins un temps double de celui pendant lequel la mèche devait brûler.

c) *Artifices.*

Art. 13. — En général, les munitions confectionnées et les artifices sont envoyés, avec l'autorisation préalable du Directeur de l'École de pyrotechnie, audit établissement pour y être démolis.

Art. 14. — On détruit sur les lieux de saisie les substances qui, par leur nature, leur état de conservation ou le danger de leur maniement, rentrent dans les catégories dont le transport est interdit par les règlements.

On prend dans ce cas l'une des mesures suivantes :

1° On emploie le mode de destruction indiqué à l'article 12 (bombes) pour toutes les munitions à enveloppe résistante ;

2° On fait détoner les cartouches par paquet de 25, dans une charge de 200 à 300 grammes de poudre ordinaire que l'on enflamme au moyen d'une mèche de communication ;

3° Les cartouches en papier doivent être noyées ;

4° Les autres munitions et artifices sont détruits en les comburant par petite quantité sur un feu de bois.

Art. 15. — Les cartouches métalliques pour armes à feu portatives peuvent, si leur nombre est restreint, être brûlées sur place ; elles sont tirées, si possible, dans les armes auxquelles elles sont destinées.

B. — *Personnel préposé à la destruction.*

Art. 16. — L'officier est désigné par le commandant de la place à la demande des autorités judiciaires ou civiles qui donnent, dans leur réquisitoire, tous les renseignements qu'elles possèdent sur la nature des substances à détruire, le lieu où elles se trouvent, etc.

Art. 17. — D'après les renseignements contenus dans leur réquisitoire et qu'il a soin de vérifier par lui-même, l'officier prend les mesures nécessaires tant pour l'enlèvement et le transport des objets saisis que pour leur destruction, en se conformant, autant que possible et suivant les circonstances, aux indications générales de la présente instruction. Il consulte au besoin le règlement sur le transport des substances explosives.

Art. 18. — Des ouvriers *civils*, choisis de préférence parmi les mineurs, artificiers, etc., sont mis, par les soins des autorités judiciaires ou civiles, à la disposition de l'officier pour le transport des matières, ainsi que pour leur destruction.

Les mêmes autorités désignent, si cela est reconnu nécessaire, des gendarmes ou autres agents pour être mis à la disposition de l'officier.

C. — *Frais occasionnés.*

Art. 19. — Aucune indemnité n'est due à l'officier quand la destruction a lieu dans sa résidence ; mais s'il doit quitter sa garnison, il a droit aux mêmes allocations que s'il se déplaçait pour un service militaire (ceci est modifié).

Art. 20. — L'officier se procure, autant que possible dans sa garnison, les matières et objets qui doivent être employés à la destruction.

Dans le cas où il ne peut agir ainsi, il en réfère au commandant de la place, qui lui donne par écrit les instructions nécessaires.

Art. 21. — L'officier établit un mémoire des dépenses qu'il a faites; il y joint les quittances qu'il se fait délivrer et y renseigne, le cas échéant, le détail des alloca- qui lui reviennent pour déplacement.

Ce mémoire est remis au commandant de la place, qui le vérifie et le fait parvenir ensuite à l'autorité intéressée.

Art. 22. — Les indemnités dues aux ouvriers civils sont liquidées par les soins des autorités qui les ont requis.

Les instruments qui auraient été achetés sont remis à l'autorité compétente pour servir à l'occasion.

—

Annexe n° 6.

—

Arrêté ministériel du 31 octobre 1894, pris en exécution de l'article 348 du règlement général du 29 octobre 1894, concernant les produits explosifs.

Le Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics,

Vu l'article 348 du règlement général du 29 octobre 1894, portant que les mesures concernant le dépôt temporaire des produits explosifs saisis et confisqués par l'autorité judiciaire ou administrative, seront réglées par le Ministre de l'Agriculture, de concert, s'il y a lieu, avec le Ministre de la Guerre;

Attendu qu'il est nécessaire de préciser les régles essentielles à suivre pour le dépôt temporaire des produits explosifs, depuis le moment de la saisie jusqu'à décision du parquet;

Vu l'avis de la Commission chargée de reviser le règlement général du 1er décembre 1891 concernant les produits explosifs;

Arrête :

Article premier. — Le présent arrêté vise les produits explosifs autres que les munitions de sûreté, lesquelles sont traitées, au point de vue du dépôt temporaire, comme des marchandises ordinaires.

Art. 2. — Les procès-verbaux de saisie seront envoyés au procureur du roi par exprès postal, ou, au besoin, par un courrier spécial.

Art. 3. — Lorsque des produits explosifs saisis seront contenus dans un véhicule quelconque (charrette, bateau, wagon), ils seront laissés dans ces véhicules, lesquels seront conduits dans un endroit aussi écarté que possible, et gardés jour et nuit par les agents de l'escorte ou, à défaut d'escorte, par un nombre suffisant de gardiens, qui veilleront à ce que ni feu, ni lumière, ni fumeurs, ne puissent approcher des explosifs.

Art. 4. — Lorsque les quantités saisies seront minimes, on pourra les conserver dans un local fermé (de préférence un grenier), situé dans une construction quelconque, pourvu que ce local présente toute garantie contre les vols, qu'il ne communique avec aucune cheminée en activité et qu'on n'y pénètre pas avec de la lumière.

Art. 5. — Pour des quantités considérables, on pourra utiliser tout local isolé, affecté uniquement au dépôt de marchandises ordinaires, pourvu qu'aucun danger spécial d'incendie ne soit à craindre. Un tel local devra être gardé jour et nuit.

Art. 6. — On pourra toujours, du consentement de l'exploitant d'un magasin de produits explosifs dûment autorisé, déposer dans ce magasin des explosifs saisis.

Art. 7. — Dans les cas où le dépôt temporaire ne pourrait s'effectuer de l'une des manières prévues aux articles précédents, les explosifs seront transportés dans un lieu aussi écarté que possible et conservés, soit sur le sol, recouverts d'une bâche, soit dans un véhicule fermé, et en général, de toute manière capable de les garantir contre les intempéries.

En tous cas, les produits explosifs seront surveillés jour et nuit, par un nombre suffisant de gardiens, qui veilleront à ce que ni feu, ni lumière, ni fumeurs, ne puissent approcher des explosifs.

—

Annexe n° 7.

—

ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Suppression de la navigation les dimanches et jours fériés.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,
A tous, présents et à venir, Salut.

Revu les dispositions du règlement de police des voies navigables, approuvé par Notre arrêté du 1er mai 1889;

Considérant qu'il y a lieu de permettre aux agents préposés au service de la navigation de remplir leurs devoirs religieux;

Sur la proposition de Nos Ministres des Finances et de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. — Les dimanches et jours de fêtes légales, la navigation ne pourra s'exercer sur les voies navigables administrées par l'État, qu'à partir de neuf heures du matin.

Art. 2. — Il est fait exception aux dispositions de l'article 1er ci-dessus :

1° Pour les voies navigables soumises à l'action de la marée, pour les écluses de navigation mettant ces voies directement en communication avec les autres voies navigables, pour le Démer et pour les canaux de Gand à Terneuzen et de Bruges à Ostende;

2° En cas d'urgence, lorsque les ingénieurs en chef le jugent nécessaire, et notamment aux époques des crues et des chômages et pour le passage des transports de produits explosifs et des bateaux à service régulier.

Art. 3. — Le présent arrêté entrera en vigueur à partir du 1er juin 1892.

Notre Ministre des Finances et Notre Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 25 avril 1892.

LÉOPOLD.

Par le Roi :
Le Ministre des Finances,
A. Beernaert.

Le Ministre de l'Agriculture,
de l'Industrie et des Travaux publics,
Léon De Bruyn.

PRODUITS EXPLOSIFS.

Réglementation.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,

A tous, présents et à venir, Salut.

Vu les articles 142, 174, 181, 186 et 191, §§ 4 et 5, de l'arrêté royal du 29 octobre 1894, portant règlement général sur les produits explosifs;

Vu le rapport de la commission ministérielle chargée d'étudier les questions relatives au transport, au stationnement et au transbordement des produits explosifs dans l'Escaut maritime;

Vu le rapport du service de l'inspection générale des établissements dangereux, insalubres ou incommodes;

Attendu qu'il résulte de ces rapports que le transbordement des produits explosifs par des moyens mécaniques peut présenter certaines difficultés pratiques;

Attendu que l'on pourrait se trouver dans la nécessité de permettre le transbordement des produits explosifs dans des rades autres que celles où il s'effectue actuellement;

Attendu qu'il convient de prescrire une escorte de deux hommes à bord des bateaux chargés de produits explosifs, en stationnement dans l'Escaut maritime, afin que la garde de ceux-ci puisse être assurée la nuit comme le jour;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie, du Travail et des Travaux publics,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. — En cas de nécessité, le Ministre pourra désigner d'autres rades que celles de la Pipe de Tabac et de Liefkenshoek, pour y effectuer le transbordement des produits explosifs.

Les dispositions des articles 142, alinéas 5 et 6, 174, 181 et 186 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894 seront applicables aux bateaux stationnant ou transbordant des produits explosifs dans ces rades.

Art. 2. — La disposition suivante est intercalée entre les §§ 2 et 3 de l'article 186 de Notre arrêté du 29 octobre 1894 :

« Les bateaux en stationnement dans l'Escaut maritime devront avoir au moins deux soldats à bord, afin que la garde de ces bateaux puisse être assurée la nuit comme le jour. »

Art. 3. — Les §§ 4 et 5 de l'article 191 de Notre arrêté du 29 octobre 1894 sont remplacés par les suivants :

« Le transbordement, sur l'Escaut maritime, de quantités d'explosifs ne dépassant pas 1,000 kilogrammes, pourra toujours s'effectuer à bras.

» Si les quantités à transporter dépassent 1,000 kilogrammes, les caisses et les barils seront arrimés dans une cage fermée, qui sera élevée mécaniquement et descendue de même dans le bâtiment à charger. Le poids total des cages et de leur contenu ne pourra excéder 500 kilogrammes. Les câbles employés seront en bon état; leur circonférence aura 100 millimètres au moins s'ils sont en chanvre et 50 millimètres au moins s'ils sont en fer ou en acier; ils seront soigneusement vérifiés avant leur emploi.

» Toutefois, si les dispositions du navire rendaient impossible ou difficile le

transbordement au moyen de cages, le gouverneur pourra autoriser le transbordement à bras, au moyen de plates-formes de dimensions suffisantes et étagées à 80 centimètres de distance. L'emploi de ces plates-formes pourra être combiné avec celui de planches-glissières; celles-ci seront construites de façon à ce que les colis ne puissent s'en échapper.

Le mode de transbordement sera proposé par l'expéditeur dans sa demande d'autorisation. »

Donné à Bruxelles, le 28 janvier 1895.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie, du Travail et des Travaux publics,

LÉON DE BRUYN.

—

PRODUITS EXPLOSIFS.

Réglementation.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,

A tous, présents et à venir, SALUT.

Vu l'arrêté royal du 29 octobre 1894, portant règlement général sur les fabriques, les dépôts, le débit, le transport, la détention et l'emploi des produits explosifs;

Vu l'arrêté royal du 25 mai 1895, créant le Ministère de l'Industrie et du Travail;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie et du Travail,

Nous avons arrêté et arrêtons :

ARTICLE UNIQUE. — La disposition suivante est ajoutée à l'article 137 du règlement précité du 29 octobre 1894 :

4° Informer de la date du départ 24 heures au moins avant celui-ci, l'inspecteur des explosifs à Anvers, pour les transports à effectuer par le Bas-Escaut, à partir de cette ville.

Notre Ministre de l'Industrie et du Travail est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Paris, le 30 septembre 1895.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de l'Industrie et du Travail,

A. NYSSENS.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL.

—

ADMINISTRATION DES MINES.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,

A tous présents et à venir, Salut.

Vu les articles 196, 198, 201, 210, 218 et 329 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894 portant réglementation générale sur les explosifs;

Considérant que la pratique a fait ressortir la nécessité de modifier certaines prescriptions de l'arrêté royal précité, soit en vue de faire cesser des interprétations erronées, soit pour permettre une meilleure utilisation du matériel de chemin de fer ou pour améliorer les conditions de la surveillance des transports d'explosifs et de la manutention des colis;

Vu le rapport du comité institué par les départements des chemins de fer, postes et télégraphes et de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics à l'effet de reviser les articles 196 et autres du règlement général sur les explosifs;

Vu les propositions de M. l'inspecteur général des explosifs;

Revu l'arrêté royal du 28 janvier 1895, introduisant des dispositions nouvelles concernant le transbordement dans l'Escaut maritime;

Sur la proposition de Notre Ministre des chemins de fer, postes et télégraphes et de Notre Ministre de l'industrie et du travail,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. — L'article 146 est complété comme suit :

Interdiction des spiritueux; état des ouvriers.

Il est défendu de consommer des spiritueux pendant les chargements ou déchargements et d'employer à ces travaux des ouvriers pris de boisson ou fatigués par un travail antérieur.

Art. 2. — L'art. 167 est complété comme suit :

Indépendamment de l'escorte réglementaire, les transports de dynamites proprement dites seront accompagnées d'un délégué de l'expéditeur ou de son représentant, compétent en matière d'explosifs. Ce délégué, qui devra être agréé par le gouverneur, aura pour mission de surveiller la marchandise pendant le transport et, surtout, pendant les chargements et déchargements.

Le chef d'escorte aura à se conformer, sous ce rapport, aux indications de ce délégué.

Les chefs des escortes civiles, mentionnés à l'article 166, pourront, moyennant agréation, remplir en même temps les fonctions de délégué.

Art. 3. — La disposition intercalée, en vertu de Notre arrêté du 28 janvier 1895, entre les §§ 2 et 3 de l'article 186 du règlement général, est complétée comme suit :

Les bateaux stationnant sur l'Escaut maritime devront avoir au moins deux convoyeurs civils ou deux soldats à bord, afin que la garde de ces bateaux puisse être assurée la nuit comme le jour.

Il y aura constamment un factionnaire sur le pont de chaque bateau.

Art. 4. — Le § 5° de l'article 196 est remplacé par la disposition suivante :

5° Les détonateurs, à condition que le poids brut des colis chargés dans un même wagon ne dépasse pas 25 kilogrammes.

Art. 5. — L'article 198 est modifié comme suit :

Préservation des wagons chargés d'explosifs.

Tout wagon ou groupe de wagons contenant des explosifs doit être précédé et suivi de deux véhicules au moins, ne contenant pas de matières sujettes à prompte inflammation ou à combustion spontanée, telles que : alcools, allumettes chimiques, benzine, collodion, déchet de laine ou de coton gras, essence de térébenthine, éthers, naphtes, pétrole, phosphore, sulfure de carbone, vernis, etc.

Art. 6. — La disposition suivante est ajoutée à l'article 201 :

Ils devront être déposés dans le wagon de façon à être bien apparents et à pouvoir être retirés sans secousse ni déplacement d'autres colis.

On les éloignera des colis pondéreux dont la chute pourrait provoquer des explosions.

Art. 7. — La disposition suivante est ajoutée à l'article 210 :

Exceptionnellement, la charge des wagons peut être complétée, jusqu'à concurrence des deux tiers de leur tonnage, au moyen de marchandises qui aient la même destination que les explosifs et qui ne soient ni facilement inflammables, ni sujettes à la combustion spontanée.

Art. 8. — La seconde phrase de l'article 218 est modifiée comme suit :

Chaque wagon ou chaque groupe de wagons contenant les explosifs doit être précédé et suivi de deux véhicules au moins ne renfermant pas de matières facilement inflammables, telles que : bruyères, charbon de bois, chiffons, cotons, écorces en fagots ou en balles, étoupes, fagots pour balais, foin, laines, mousses séchées, paille, osier, sciure de bois, etc.

Art. 9. — La disposition suivante prendra place à la suite de l'article 221 :

Art. 221*bis*. — ...

Dans le cas où ils ont à subir une escale plus ou moins prolongée en cours de route, les wagons contenant des explosifs doivent être placés sur une voie spéciale, à l'abri des chocs, c'est-à-dire en dehors des faisceaux de manœuvre.

Ceux qui passent la nuit dans une station doivent y être gardés, même si le service de nuit existe dans cette gare.

Le cas échéant, les frais de gardiennage sont mis à la charge de la marchandise.

Art. 10. — Le § 1er de l'article 329 est remplacé par la disposition suivante :

Lorsque les transports doivent être accompagnés d'une escorte (art. 165 à 168, art. 186 et 223), l'expéditeur ou son représentant fera les diligences nécessaires pour que l'escorte reçoive le transport à l'extrême frontière, ou au premier bureau d'arrivée, s'il s'agit d'importation par chemin de fer.

Nos Ministres des chemins de fer, postes et télégraphes et de l'industrie et du travail sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Laeken, le 18 décembre 1896.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre des chemins de fer, postes et télégraphes,

J. Vandenpeereboom.

Le Ministre de l'industrie et du travail,

A. Nyssens.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL.

—

ADMINISTRATION DES MINES.

PRODUITS EXPLOSIFS.

Réglementation.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,

A tous présents et à venir, Salut.

Revu l'arrêté royal du 24 octobre 1894, portant réglementation générale sur les explosifs;

Considérant que l'article 117, relatif à l'emballage des nitrocelluloses, ne stipule rien quant au poids maximum des colis de nitrocelluloses non comprimées;

Considérant que les explosifs difficilement inflammables, tout en étant brisants comme les dynamites et soumis au même régime au point de vue de l'emmagasinage et de l'emploi, présentent beaucoup moins de danger; — que rien ne s'oppose dès lors à ce que, dans les magasins *C* et *D* autorisés pour la dynamite, on puisse remplacer celle-ci, en tout ou en partie, par le même poids d'explosifs difficilement inflammables;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie et du Travail,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. — Le paragraphe 3 de l'article 117 du règlement général du 29 octobre 1894 est complété par les dispositions suivantes :

Pour les transports à l'intérieur du pays, les nitrocelluloses non comprimées devront satisfaire, en ce qui concerne la limite du poids des colis, aux prescriptions du deuxième alinéa qui précède.

Pour les colis destinés à l'exportation, le poids brut pourra atteindre 90 kilogrammes si la marchandise contient au moins 35 pour cent d'eau.

Art. 2. — La disposition suivante prendra place à la suite de l'article 263 :

Substitution d'explosifs difficilement inflammables aux dynamites. — Art. 263*bis*. Le permissionnaire pourra toujours remplacer la dynamite, en tout ou en partie, par une même quantité d'explosifs difficilement inflammables.

Art. 3. — La disposition suivante prendra place à la suite de l'article 282 :

Substitution d'explosifs difficilement inflammables aux dynamites. — Art. 282*bis*. Le permissionnaire pourra toujours remplacer la dynamite, en tout ou en partie, par une même quantité d'explosifs difficilement inflammables.

Art. 4. — Notre Ministre de l'Industrie et du Travail est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 3 juin 1898.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de l'Intérieur et du Travail,

A. Nyssens.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL.

—

ADMINISTRATION DES MINES.

SERVICE DES EXPLOSIFS.

Règlement général du 29 octobre 1894 sur les explosifs. Modification à l'article 196.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,

A tous présents et à venir, Salut.

Revu l'article 196 du règlement général du 29 octobre 1894 sur les explosifs;

Revu l'article 4 de Notre arrêté du 18 décembre 1896, modifiant le § 5 du susdit article 196;

Considérant que les propriétés des explosifs difficilement inflammables permettent de tempérer, dans l'intérêt de l'industrie et sans nuire à la sécurité publique, le régime auquel est soumis le transport de ces produits par chemin de fer;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie et du Travail et de Notre Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article unique. — L'article 196 du règlement général est modifié comme suit :

2e classe. — Produits admis aux trains de transbordement ou dans les wagons de messageries.

Désignation des produits et limitation des quantités. — Art. 196.

Les explosifs autres que les munitions de sûreté sont admis dans ces conditions pour autant que les quantités totales (poids brut) réunies dans un même wagon ne dépassent pas :

1° Pour les poudres, 100 kilogrammes;

2° Pour les dynamites, 100 kilogrammes;

3° Pour les explosifs difficilement inflammables, 1000 kilogrammes;

4° Pour les artifices, 500 kilogrammes;

5° Pour les détonateurs, 25 kilogrammes.

L'article 142 est applicable aux produits chargés simultanément dans un même wagon.

Notre Ministre de l'Industrie et du Travail et Notre Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Laeken, le 3 juin 1900.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de l'Industrie et du Travail,

Baron Surmont de Volsberghe.

Le Ministre des Chemins de Fer, Postes et Télégraphes,

Jules Liebaert.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL.

—

ADMINISTRATION DES MINES.

Règlement général du 29 octobre 1894 sur les explosifs. Modification à l'article 119.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,
A tous présents et à venir, Salut.

Revu Notre arrêté du 29 octobre 1894 portant réglementation générale sur les explosifs;

Revu notamment le paragraphe 1er de l'article 119, aux termes duquel le poids brut des colis de détonateurs proprement dits est fixé d'une façon uniforme à 35 kilogrammes, sans distinction entre les produits de commerce intérieur et ceux destinés à l'exportation;

Considérant que cette disposition met les fabricants belges de détonateurs dans un état d'infériorité vis-à-vis des étrangers, en ce qui concerne l'exportation;

Considérant qu'il importe de compléter et de préciser la rédaction de l'art. 119, paragraphe 1er, prémentionné;

Sur la proposition de Notre Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes et de Notre Ministre de l'Industrie et Travail,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article unique. — Le paragraphe 1er de l'article 119 du règlement général du 29 octobre 1894 sur les explosifs est remplacé par les dispositions suivantes :

Détonateurs proprement dits. — Ils seront emballés, l'ouverture en haut et au nombre de cent au plus, dans de fortes boîtes en fer-blanc, de façon à éviter tout ballottement. Le fond des boîtes et le dessous des couvercles seront garnis de drap ou de feutre; les côtés latéraux seront garnis de papier fort pour empêcher le contact direct des détonateurs et du fer blanc.

Les boîtes ainsi remplies seront emballées, par paquet de cinq et sans vides, dans une forte caisse en planches de 22 millimètres au moins d'épaisseur ou dans une caisse en fer-blanc épais. Le couvercle sera fixé au moyen de vis en cuivre ou en fer galvanisé si la caisse est en bois et il sera soudé si la caisse est en fer-blanc.

Cette première caisse sera placée, le couvercle en haut, dans une seconde caisse en bois que l'on fermera au moyen de vis en cuivre ou en fer galvanisé, et dont l'épaisseur sera de 25 millimètres au moins.

L'intervalle entre les deux caisses sera de 3 centimètres au moins et sera rempli de sciure de bois, de rognures de papier, d'étoupes ou d'autres matières propres à amortir les chocs.

Le poids brut des colis ne pourra dépasser 35 kilogrammes pour la consommation intérieure; il pourra atteindre 50 kilogrammes pour les colis d'exportation ou de transit.

Les colis dont le poids brut dépasse 25 kilogrammes seront munis de tasseaux ou de poignées facilitant la manutention.

Nos Ministres des Chemins de fer, Postes et Télégraphes et de l'Industrie et du Travail sont chargés de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Laeken, le 9 octobre 1903.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes,

LIEBAERT.

Le Ministre de l'Industrie et du Travail,

FRANCOTTE.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL.

—

ADMINISTRATION DES MINES.

SERVICE DES EXPLOSIFS.

Modifications au règlements du 29 octobre 1894 sur les explosifs.

LÉOPOLD II, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, SALUT.

Revu l'arrêté royal du 29 octobre 1894, portant réglementation générale sur les explosifs, et notamment les articles 115, 119, 137, 141, 142, 146, 166, 167, 173, à 191, 277, 296, 312 et 343;

Revu également les arrêtés modificatifs du 28 janvier 1895, du 30 septembre 1895, du 18 décembre 1896, du 25 octobre 1897 et du 9 octobre 1903;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Industrie et du Travail,

Nous avons arrêté et arrêtons :

ARTICLE PREMIER. — L'alinéa 1° de l'article 115 est modifié comme il suit :

Le poids brut de chaque colis ne pourra dépasser 35 kilogrammes s'il s'agit de poudres de commerce intérieur, ni 65 kilogrammes s'il s'agit de poudres destinées à l'exportation.

ART. 2. — Ledit article 115 est complété par la disposition suivante :

Les liens en fer qui serviraient à renforcer les caisses devront être étamés ou galvanisés.

ART. 3. — L'alinéa 5 de Notre arrêté du 9 octobre 1903, modifiant l'article 119 du règlement général, est remplacé par celui-ci :

Le poids brut de chaque colis ne pourra dépasser 35 kilogrammes pour les détonateurs en consommation intérieure, ni 65 kilogrammes pour les détonateurs destinés à l'exportation ou admis en transit.

ART. 4. — La disposition suivante est ajoutée à l'alinéa *c* de l'article 119 :

Le poids brut des caisses d'amorces électriques avec détonateurs ne pourra dépasser 65 kilogrammes.

Les colis dont le poids brut dépasse 25 kilogrammes seront munis de tasseaux ou de poignées facilitant la manutention.

ART. 5. — L'article 137 est remplacé par les dispositions suivantes :

Tout expéditeur d'un envoi dépassant 300 kilogrammes (poids net) devra aviser :

1° De la date exacte et de l'heure approximative du départ, le bourgmestre du lieu de départ ; l'accomplissement de cette formalité sera constaté par un visa daté, apposé sur la lettre de voiture ;

2° De la date exacte et de l'heure approximative de l'arrivée, les bourgmestres des lieux de gîte et de destination, ainsi que les bourgmestres des lieux de passage désignés par le gouverneur ;

3° De la date du départ, ainsi que de la nature, de l'importance et de la destination du transport, le chef de service des explosifs, à Bruxelles ;

4° De la date de l'arrivée à Liefkenshoek ou à Lillo, l'inspecteur des explosifs à Lillo, lorsque les transports emprunteront la voie de l'Escaut en aval d'Hoboken. Le cas échéant (voir art. 167), l'expéditeur désignera à ce fonctionnaire le délégué technique chargé d'accompagner le transport.

Les avis prescrits ci-dessus devront parvenir vingt-quatre heures au moins d'avance aux autorités et fonctionnaires prémentionnés.

Les expéditeurs se conformeront en outre, le cas échéant, à l'alinéa 2 de l'article 184.

Les arrêtés des gouverneurs prescriront éventuellement, dans chaque cas particulier, les autres avis qu'il serait utile d'exiger des expéditeurs.

Les bourgmestres des lieux de passage, de gîte et de destination ne devront pas être prévenus, par l'expéditeur, en cas de transport par chemin de fer.

ART. 6. — L'article 141 est complété et modifié comme suit :

Les autorités ou agents compétents auront le droit de vérifier les emballages et leur contenu.

Les colis à vérifier seront ouverts, et rétablis dans les conditions prescrites, par les soins de l'expéditeur ou de son représentant et à ses frais, risques et périls.

En cas de doute sur la nature ou le bon état des produits, les autorités et agents précités pourront en prélever des échantillons qui seront expédiés au laboratoire du ministère de l'Intérieur et du Travail s'il s'agit de transports par roulage ou par eau, ou au laboratoire de l'Administration des chemins de fer s'il s'agit de transports par chemin de fer.

ART. 7. — L'article 142 est remplacé par les dispositions suivantes :

Il est interdit de transporter dans le même véhicule :

1° Des dynamites ou des explosifs difficilement inflammables en même temps que des poudres ;

2° Des dynamites ou des explosifs difficilement inflammables en même temps que des détonateurs.

Il pourra toutefois être dérogé, par l'autorité compétente, à l'interdiction portée à l'alinéa 1°, lorsque les quantités totales n'excéderont pas 300 kilogrammes.

Les deux interdictions ci-dessus ne concernent pas :

1° Les navires quittant un port du littoral ou Liefkenshoek pour gagner la mer;

2° Les navires entrant dans un port du littoral ou arrivant à Liefkenshoek;

3° Les transports effectués entre les dépôts *C* et les dépôts *D* mentionnés à l'article 238.

Les mèches de sûreté non amorcées pourront toujours être transportées en même temps que tous autres explosifs.

Art. 8. — La disposition suivante prendra place à la suite de l'article 144 :

Art. 144*bis*. En cours de transport, les explosifs ne pourront jamais rester sans surveillance. Au besoin, celle-ci pourra être exercée d'office, aux frais du propriétaire de la marchandise.

Il sera interdit au public de s'approcher des endroits où l'on charge ou décharge des explosifs.

Art. 9. — L'article 146 sera ainsi conçu :

Art. 146. On ne pourra employer aux chargements et déchargements que des ouvriers dispos, sobres et âgés de plus de 21 ans.

Il est défendu de consommer des spiritueux pendant ces opérations.

Art. 10. — La disposition suivante prendra place à la suite de l'article 146 :

Art. 146*bis*. En cas de détérioration d'un colis, celui-ci sera enlevé avec précaution et transporté à l'écart pour y être réparé; l'explosif qui s'en serait échappé sera recueilli soigneusement et réemballé ou détruit avec les précautions nécessaires.

Art. 11. — Il est ajouté un article 147bis ainsi conçu :

Art. 147*bis*. Les décisions des gouverneurs en matière de transports sont susceptibles d'appel devant le Ministre.

Art. 12. — La disposition suivante est ajoutée à l'article 165 :

Elle ne pourra coopérer aux manutentions dont la surveillance lui est confiée.

Art. 13. — La disposition suivante est ajoutée à l'article 166 :

Les membres de l'escorte civile devront être âgés de 21 ans au moins et présenter toute garantie de bonne conduite et de moralité.

Art. 14. — La rédaction de l'article 167 est modifié comme suit :

Art. 167. Indépendamment de l'escorte réglementaire, les transports de dynamites proprement dites seront accompagnés par un délégué technique. Cet agent, payé par l'expéditeur, devra justifier d'un brevet de capacité délivré au nom du Ministre et être agréé par le Gouverneur.

Il aura pour mission de surveiller la marchandise pendant le transport et, surtout, pendant les chargements et déchargements. En tout ce qui concerne cette mission spéciale, le chef d'escorte devra obéissance au délégué.

Le délégué technique devra exhiber, à toute réquisition des agents compétents, son certificat d'agréation. Celle-ci est révocable.

Toute personne remplissant les conditions requises pourra, dans un même transport, cumuler les fonctions de délégué et de chef d'escorte.

Art. 15. — Le titre III du chapitre V est remplacé par les dispositions suivantes :

TITRE III. — Transport par eau [1].

1re Section.

Transport par eau des produits autres que les munitions de sûreté, par quantités ne dépassant pas 300 kilogrammes.

Art. 173. — Si le bateau servant au transport n'est pas ponté, les colis seront recouverts de prélarts.

Toutefois, sur l'Escaut en aval d'Hoboken, les bateaux contenant des explosifs devront toujours être pontés, construits et équipés de façon à pouvoir naviguer par les gros temps. Ces bateaux devront satisfaire, en outre, aux prescriptions énoncées à l'article 188 sous les lettres *a* à *f* et *i*.

Art. 173*bis*. — Dans tout bâteau, les pièces de fer, fonte ou acier, susceptibles de se trouver en contact avec les récipients contenant des explosifs, seront revêtues de matières élastiques peu combustibles et amortissant les chocs (bois, tapis, linoléum, toile à voile, etc.).

Art. 174. — Les bateaux à voyageurs ne peuvent avoir à bord d'autres explosifs que les poudres et artifices nécessaires aux signaux.

Toutefois, les navires quittant un port du littoral ou Liefkenshoek pour gagner la mer peuvent embarquer des explosifs et des passagers ; avant le départ, ceux-ci devront être prévenus, par l'armateur ou le courtier de navire, de la présence d'explosifs à bord.

Art. 175. — Les dispositions des articles 152, 153, 157, 161 et 163, concernant les transports par roulage, sont applicables aux transports par eau.

Art. 176. — Les bateaux d'intérieur ne peuvent circuler que de jour.

Toutefois, il est permis de naviguer la nuit sur les rivières à marée, pourvu que la nuit soit assez claire pour qu'on puisse le faire sans danger, et que l'on se conforme aux mesures prescrites par les autorités compétentes.

Cette faculté ne s'applique pas à la rade d'Anvers, qui ne peut être traversée que de jour, et en dehors de l'intervalle compris entre trois heures avant et une heure après la marée haute.

Art. 176*bis*. — Tout bateau portera le pavillon rouge prescrit par l'article 188 (*f*).

Art. 177. — Sur les voies navigables en général, tout bateau en marche ou en stationnement portera, du coucher au lever du soleil et d'une manière permanente en temps de brouillard, outre les feux réglementaires ordinaires, trois feux hissés au mât et disposés verticalement, à un mètre au moins de distance l'un de l'autre ; le feu supérieur et le feu inférieur seront blancs, celui du milieu sera rouge. Par nuit obscure et bonne vue, ces trois feux devront être visibles à une distance d'un mille marin au moins (1,852 m.) tout autour de l'horizon.

[1] Dans ce qui va suivre, le mot navire désigne exclusivement les bateaux de mer ; le mot bateau désigne à la fois les bateaux d'intérieur et les bateaux de mer.

Les feux susmentionnés seront exhibés dans des lanternes fermées, qui ne pourront être alimentées à l'huile minérale.

Pour les bateaux d'intérieur, ces feux ne pourront êtrs allumés ou éteints qu'à l'écart des bateaux.

Art. 178. — Sauf l'exception prévue à l'article précédent, il ne sera toléré, à bord ou à proximité des bateaux d'intérieur, ni feu, ni lumière, ni matières facilement inflammables, telles que paille, copeaux, pétrole, essences, etc. Toutefois, les patrons pourront avoir sur eux les allumettes de sûreté nécessaires à l'allumage des feux.

Pendant les transbordements, il est interdit de fumer soit à bord des navires, soit à moins de 50 mètres de distance de ceux-ci.

Il est interdit aux personnes chargées des manutentions ou de la surveillance d'avoir sur elles des allumettes ou autres objets quelconques permettant de se procurer du feu.

Le transport par bateaux à pétrole, à essences ou électriques est interdit.

Art. 179. — Les bateaux en général passeront le plus loin possible des bateaux contenant des explosifs; les bateaux à vapeur ne pourront attiser leurs feux, et ils ralentiront leur marche de façon à ne pas provoquer des remous dangereux.

Art. 180. — Lorsque les expéditeurs en feront la demande, le remorquage à vapeur sur les rivières ou canaux pourra être autorisé par le gouverneur, qui prescrira les précautions à prendre en ce cas.

Tout remorqueur ne pourra traîner qu'un seul bateau. Le bateau remorqué sera maintenu à 50 mètres au moins du remorqueur.

Les cheminées du remorqueur seront garnies de pare-étincelles efficaces.

Art. 180*bis*. — Les navires doivent jeter l'ancre pour charger ou décharger des explosifs.

On ne pourra procéder à aucune manutention d'explosifs à Lillo ou à Liefkenshoek qu'en présence de l'inspecteur ou, à son défaut, du chef de la douane à Lillo.

En cas de détérioration d'un colis, on suspendra immédiatement le travail et l'on préviendra l'inspecteur, qui agira suivant les prescriptions de l'article 146*bis*.

Les navires ne pourront lever l'ancre que lorsque les opérations seront entièrement terminées et que les allèges chargées ou déchargées se seront suffisamment écartées.

Sauf les cas de force majeure dûment constatés par le service du pilotage, les navires devront faire route vers la mer aussitôt après leur chargement.

Art. 181. — A Liefkenshoek, les bateaux d'intérieur contenant des explosifs mouilleront dans la partie de la rade désignée par le service du pilotage.

Ils ne pourront changer d'ancrage qu'en cas de force majeure.

Ils se tiendront à 20 mètres au moins de la laisse de basse mer et seront espacés entre eux de 100 mètres au minimum.

Les expéditions auront lieu de façon que les bateaux ne séjournent pas plus de dix jours dans la rade aux explosifs. En cas de nécessité, le gouverneur pourra autoriser un séjour plus long.

Art. 181*bis*. — Les transbordements des quantités ne dépassant pas 300 kilogrammes (poids net) se feront de jour, à la main et à une distance suffisante des autres bateaux ou des lieux habités. Toutes les précautions seront prises pour éviter les chocs dans la manœuvre des colis.

2e Section.

Transport par eau de produits autres que les munitions de sûreté, par quantités dépassant 300 kilogrammes.

Art. 182. — Les transports dépassant 300 kilogrammes sont soumis aux dispositions de la section qui précède, sauf celle de l'article 173, alinéa 1, et, en outre, aux dispositions suivantes :

Art. 183. — Les demandes en autorisation mentionneront, outre les renseignements prescrits à l'article 134, le nombre des allèges, leur largeur maximum, leur tirant d'eau et la charge de chacune d'elles.

Art. 184. — En cas de transit ou d'exportation par mer, la demande spécifiera le pays et le lieu de destination, les noms et adresses des courtiers ou armateurs chargés de l'expédition et, enfin, les noms des bateaux et ceux de leurs patrons ou capitaines.

Les expéditeurs jouissant d'autorisations annales (art. 136) fournissent ces renseignements vingt-quatre heures au moins avant le départ, aux gouverneurs des provinces traversées, ainsi qu'au chef du service des explosifs, à Bruxelles.

Art. 185. — Indépendamment des obligations imposées par l'article 137, le permissionnaire devra fournir au service du pilotage, quarante-huit heures au moins avant l'arrivée du transport à l'endroit du transbordement, les renseignements mentionnés à l'article précédent.

Art. 186. — Les dispositions des articles 165 à 169, concernant l'escorte, sont applicables au transport par eau. Toutefois, le deuxième alinéa de l'article 169 ne concerne pas les transports sur le Rupel ni les transports sur l'Escaut en aval du pont de Termonde.

En cours de route, un factionnaire se tiendra sur le pont de chaque bateau.

Par modification à l'article 168, alinéa 1, lorsqu'un convoi de bateaux stationnera à Liefkenshoek, l'un des bateaux portera l'escorte réglementaire et chacun des autres deux hommes. Nuit et jour, un factionnaire se tiendra sur le pont.

En cas de transbordement à Liefkenshoek, l'escorte restera à bord jusqu'au moment de la levée de l'ancre.

Art. 187. L'éclaireur chargé de devancer le transport (V. art. 169) préviendra les éclusiers et les pontonniers de l'approche de celui-ci.

Art. 188. *a)* Les bateaux d'intérieur devront être pontés, en bon état et pourvus de pompes fonctionnant bien. Ils ne seront lestés qu'avec des matières incombustibles convenablement séparées des explosifs.

b) Les bateliers seront munis d'un bon porte-voix, ainsi que des outils et objets permettant de réparer éventuellement soit les bordages, soit les récipients contenant les explosifs (V. les art. 146*bis* et 175.)

Sur l'Escaut en aval d'Hoboken, les bateaux devront être pourvus d'une chaîne et d'une ancre de réserve.

c) Les patrons des allèges devront être porteurs d'un certificat de navigabilité constatant que ces allèges satisfont aux conditions qui précèdent.

Ce certificat émanera d'une personne présentant toute garantie de caractère et d'aptitude professionnelle et préalablement agréée par le service des ponts-et-chaussées ou par celui des constructions maritimes.

Le visa de l'un de ces services sera apposé sur le certificat, qui ne devra jamais avoir plus d'un an de date.

Le certificat sera présenté à toute réquisition des fonctionnaires compétents.

d) Si, pendant l'hiver, les gelées font craindre que les voies navigables soient

prises ou charrient des glaçons, les transports devront s'effectuer par allèges en fer; s'il est fait usage d'allèges en bois, leur coque devra être doublée extérieurement d'une tôle de fer ou d'acier ayant 4 millimètres au moins d'épaisseur; ce doublage s'étendra depuis le fond du bateau jusqu'à 0m30 au-dessus de la ligne de flottaison en charge maximum (voir ci-dessous alinéa *h*). Le certificat de navigabilité prévu au paragraphe précédent constatera, éventuellement, si le revêtement du bateau satisfait aux prescriptions du présent alinéa.

e) Tout bateau d'intérieur aura constamment à bord deux bateliers expérimentés, ayant au moins 21 ans révolus et présentant toute garantie de bonne conduite et de moralité. Ces bateliers ne pourront faire partie de l'escorte.

f) Tout bateau portera, outre l'écriteau prescrit par l'article 170, un pavillon rouge hissé à 5 mètres au minimum au-dessus du pont. Ce pavillon aura au moins 1 mètre au guindant et 1m50 au battant.

g) Les bateaux d'intérieur seront pourvus d'une chambre séparée des explosifs et contenant les literies et accessoires nécessaires à l'escorte.

h) Les bateaux d'intérieur ne pourront jamais recevoir plus de 30,000 kilogrammes (poids net) d'explosifs.

i) Les panneaux des écoutilles seront recouverts de prélarts imperméables.

Art. 189. Les bateaux d'intérieur contenant des explosifs ne pourront recevoir aucune autre marchandise.

A bord des navires, on ne pourra embarquer, ni dans les compartiments réservés aux explosifs, ni dans leur voisinage immédiat, des marchandises facilement ou spontanément inflammables (paille, foin, houille, essences, pétrole, etc.), non plus que des matières corrosives (acides minéraux, superphosphates, etc.) ou susceptibles de provoquer un incendie (chaux vive, carbure de calcium, nitrates, chlorates, perchlorates, persulfates, peroxydes alcalins, etc.).

Art. 189*bis*. On se conformera à l'article 143 pour ce qui concerne le transport simultané d'explosifs différents.

Toutefois, les dynamites et les explosifs difficilement inflammables ne pourront être chargés à bord des navires, dans des compartiments adjacents à ceux qui contiendraient des détonateurs.

Art. 190. Les explosifs en quantité supérieure à 300 kilogrammes, poids net, ne peuvent être transportés par bateaux à vapeur que sur l'Escaut en aval de Liefkenshoek.

Art. 191. Les bateaux d'explosifs ne stationneront, autant que possible, qu'à 300 mètres au moins des habitations, ateliers et édifices publics.

Sur les cours d'eau où la navigation est intermittente, on se conformera, en outre, en ce qui concerne le stationnement, aux dispositions spéciales que les fonctionnaires compétents des ponts-et-chaussées et du pilotage jugeraient nécessaires pour assurer la sécurité publique.

Les bateaux d'intérieur naviguant de conserve se tiendront à 100 mètres au moins de distance entre eux.

Art. 191*bis*. *a)* Sur l'Escaut en aval d'Hoboken, les navires ne peuvent embarquer ni débarquer des explosifs qu'en rade de Liefkenshoek, à l'endroit désigné par le service du pilotage.

Les navires faisant escale à Anvers doivent, s'ils ont des explosifs à bord, les débarquer en allèges dans ladite rade, pour les rembarquer à leur sortie.

Cette disposition ne s'applique pas aux poudres et artifices nécessaires aux propres besoins du navire, ni aux envois dont l'ensemble ne dépasse pas 300 kilogrammes (poids net).

En cas de nécessité, le Ministre pourra désigner d'autres rades que celle de Liefkenshoek pour y effectuer des transbordements d'explosifs.

b) L'emploi d'un remorqueur est obligatoire pour la traversée de la rade d'Anvers (voir article 176, alinéa 3); de même, lors des transbordements à Liefkenshoek, les allèges chargées seront conduites à leur mouillage, ou amenées le long du bord, selon le cas, à l'aide d'un remorqueur.

On observera les prescriptions des alinéas 2 et 3 de l'article 180.

c) Lors des transbordements d'explosifs, il ne pourra jamais y avoir qu'une seule allège le long du navire à charger ou à décharger.

d) Immédiatement avant les manutentions, on balaiera et nettoiera soigneusement les parties des ponts, passages et cales où l'on devra déposer ou faire circuler des explosifs. Les mêmes nettoyages se feront immédiatement après les manutentions.

e) Le transbordement des *dynamites* et des *détonateurs ordinaires* se fera à la main, à l'aide de plates-formes étagées et de planches à rebords. On disposera sous les plates-formes une bâche, pour empêcher les colis qui viendraient à s'échapper de tomber à l'eau.

Le transbordement des autres explosifs pourra se faire à l'aide des grues du navire. Le capitaine, le premier mécanicien et l'arrimeur s'assureront de l'état des engins à utiliser (treuils, câbles, chaînes, épissures, etc.) et remettront à l'inspecteur, avant de commencer les manutentions, un certificat collectif, daté et signé, constatant que ces engins peuvent être employés sans danger.

Les câbles en chanvre auront au moins cent millimètres de circonférence et ceux en fer ou en acier au moins cinquante.

A défaut de filets ou de paniers, les colis seront arrimés dans des élingues neuves; la charge ne pourra dépasser 600 kilogrammes (poids brut).

Les ponts, planchers, murailles, cloisons, etc., que les colis pourraient heurter, seront revêtus de matières élastiques (tapis, prélarts, bâches, paillassons, nattes, claies, etc.) capables d'amortir les chocs : l'épaisseur du revêtement sera proportionnée à l'intensité des chocs à craindre.

f) L'inspecteur ne laissera commencer les manutentions que si on peut les terminer de jour.

Si, contre toute attente, on était surpris par la nuit, l'inspecteur pourrait, par dérogation aux articles 157, 163 et 475, permettre de prolonger les opérations, pour autant que le navire et les allèges puissent être éclairés au moyen de lampes électriques solidement fixées et suffisamment élevées pour empêcher toute inflammation ou explosion.

g) Le capitaine prêtera à l'inspecteur l'aide que celui-ci pourrait lui réclamer dans l'intérêt du service.

Art. 16. — L'article 277 est complété de la façon suivante :

Art. 277. Sauf l'exception prévue à l'article 296 en son alinéa final, les explosifs ne pourront être délivrés que pour les besoins des établissements dont dépendent les dépôts.

On ne pourra en céder à autrui, de quelque manière ni pour quelque motif que ce soit.

Art. 17. — L'alinéa suivant est ajouté à l'article 296 :

Ces arrêtés pourront aussi autoriser l'impétrant à se pourvoir de ces produits chez l'exploitant d'un dépôt *C*, *D* ou *F* dûment autorisé.

ART. 18. — L'article 312 est modifié et complété comme suit :

Nul ne peut détenir, sans autorisation, des dynamites, des explosifs difficilement inflammables, ni des détonateurs.

Toutefois les pharmaciens, ainsi que les médecins autorisés à délivrer des médicaments, peuvent détenir, sans autorisation, les substances explosives nécessaires à l'exercice de l'art de guérir. Les quantités de ces substances qui peuvent être conservées dans les officines sont limitées :

A 500 grammes pour le coton à collodion ;

A 30 grammes pour la nitroglycérine (en solution alcoolique au centième) et

A 1,500 grammes pour l'acide picrique.

ART. 19. — La dernière phrase de l'article 343 est remplacée par la suivante :

Les infractions en matière de transport par eau pourront aussi être constatées par procès-verbaux dressés par un commissaire maritime, à la diligence du service du pilotage.

ART. 20. — Nos arrêtés du 28 janvier 1895, du 30 septembre 1895 et du 25 octobre 1897 sont rapportés, ainsi que les articles 1, 2 et 3 de Notre arrêté du 18 décembre 1896.

ART. 21. — Notre Ministre de l'Industrie et du Travail est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Laeken, le 31 juillet 1906.

LÉOPOLD.

Par le Roi :

Le Ministre de l'Industrie et du Travail,

G. FRANCOTTE.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL.

ADMINISTRATION DES MINES.

—

SERVICE DES EXPLOSIFS.

Désignation commerciale et classement des explosifs reconnus officiellement en Belgique.

Arrêté ministériel du 1er juin 1906.

LE MINISTRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL,

Vu l'article 3 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894, portant qu'un arrêté ministériel contiendra la liste et le classement des produits explosifs reconnus officiellement à la date dudit arrêté royal;

Revu les listes annexées aux arrêtés ministériels du 31 octobre 1894, du 30 janvier 1895, du 30 avril 1899 et du 27 octobre 1903 [1], pris en exécution de l'article 3 prémentionné;

Considérant que depuis la promulgation de ce dernier arrêté la liste des explosifs reconnus a subi de nombreuses modifications et additions,

ARRÊTE :

ART. 1er. — La nomenclature des produits explosifs reconnus et leur classement au point de vue du règlement sont établis comme il suit :

1re classe : Poudres.

1. Poudre noire ordinaire, à canon, de tir, de chasse, etc., de toutes provenances;
2. Poudre brune ou poudre chocolat, de toutes provenances;
3. Fortis nos 2, 3 et 4 de la Société anonyme des Poudrières belges, à Herenthals;
4. Lithotrite, de M. Cornet, à Verviers;
5. Lithofracteur, de M. Anciaux, à Hévillers;
6. Néoclastite, de Mme Yonck, à Jambes;
7. Poudre de chasse Cooppal, colorée (en rose, violet, bleu, vert, etc.);
8. Poudre de chasse Cooppal (grise ou blanche);
9. Poudre de guerre sans fumée dite L3, de la Société Cooppal et Cie;
10. Poudre sans fumée pour tir en blanc, de la Société Cooppal et Cie;
11. Poudres sans fumée de chasse ou de guerre, de MM. Wolff et Cie, à Walsrode;
12. Poudre Schultze, de la Société « The Schultze Gunpowder Cy Ld » à Londres;
13. Poudre E. C., de la Société « E. C. Powder Cy Ld, » à Londres;

[1] *Annales des Mines de Belgique*, t. VIII, p. 142.

14. Poudres sans fumée SS, SR, SK et SV, de la Société « The Smokeless Powder Cy, » à Londres;

15. Poudre de guerre sans fumée Troisdorf, pour armes à feu portatives, de la Société « Rheinisch-Westfälische Sprengstoff Actien Gesellschaft, » à Cologne;

16. Poudre de chasse sans fumée Troisdorf, de la même société;

17. Poudre sans fumée dite Balistite, de la Société anonyme espagnole de dynamite et de produits chimiques de Galdacano (Bilbao);

18. Poudre de guerre sans fumée « Normale, » de la Société « Aktiebolaget Svenska Krutfaktorierna, » à Landskrona (Suède);

19. Poudre de chasse sans fumée « Normale, » de la même société;

20. Poudres sans fumée, marques M. 88/91, M. 91/93, M. 91/94, R. G. P., de la Société « Vereinigte Köln-Rottweiler Pulverfabriken, » à Rottweil (Wurtemberg);

21. Poudres : de chasse, W. P.; D. R. P. (en tuyaux); R. R. P. (en tuyaux); Cordite, de la même Société;

22. Poudre sans fumée dite Cordite, pour armes à feu portatives ou pour canons, de la Société « Kynoch Limited, » à Birmingham;

23. Poudres de chasse sans fumée, dites Müllerite et Clermonite, de la Société Müller et Cie, à Liége;

24. Poudre de chasse sans fumée dite Ambérite n° 2, de la Société Curtis's and Harvey Ld, à Londres;

25. Poudre de chasse sans fumée dite Cannonite n° 2, de la même Société;

26. Poudre de chasse sans fumée dite Lanite, de la Société anonyme de dynamite Nobel, à Turin;

27. Poudre de guerre sans fumée dite Cordite, de la Société Childworth Cy, à Childworth (Surrey, Angleterre);

28. Poudre de chasse sans fumée dite Sporting Ballistite, de la Société Nobel's Explosives Cy Ld, à Glasgow;

29. Poudre de chasse sans fumée dite Empire Powder, de la même Société;

30. Poudre sans fumée dénommée Papier-poudre, de la Société anonyme Cooppal et Cie, à Wetteren;

31. Poudre de chasse sans fumée dite Smokeless <> Diamond, de la Société Curtis's and Harvey Ld, à Londres;

32. Poudre de chasse sans fumée KS, de la Société Kynoch Limited, à Birmingham;

33. Poudre de chasse sans fumée dite Poudre bleue C. R. B., de la Société Cooppal et Cie, à Wetteren;

34. Les cartouches à blanc qui ne satisfont pas aux conditions spécifiées au § 7 de la 6me classe de la présente nomenclature;

35. Les cartouches à enveloppe non rigide et les cartouches primitivement de sûreté qui auraient perdu ce caractère par une cause quelconque (altération de l'enveloppe, corrosion, fendillement, déchirure, etc.);

36. Les cartouches pour canons débarrassées de leur capsule et de leur fusée, ces deux artifices étant remplacés par des bouchons filetés fermant hermétiquement;

37. Les projectiles détachés dépourvus de leur fusée, celle-ci étant remplacée par un bouchon fileté fermant hermétiquement l'œil du projectile.

N. B. Il est entendu que les poudres ou explosifs quelconques, chargés dans les projectiles et dans les cartouches pour armes à feu portatives ou pour canons, doivent avoir été reconnus officiellement.

2e classe : Dynamites.

A. — DYNAMITES PROPREMENT DITES.

1. Dynamites à la guhr de toutes provenances, pourvu qu'elles ne contiennent pas plus de 75 °/o de nitroglycérine;

2. Dynamites diverses d'Arendonck, de Baelen-sur-Néthe et de Matagne-la-Grande, dont les dénominations commerciales et les compositions auront été communiquées au service des explosifs;

3. Ablonites nos 1, 2 et 00; Gélatine explosive ou dynamite gomme supérieure; Dynamite gomme; Gélignite ou dynamite Transvaal 1*a*, de la Société générale pour la fabrication de dynamite, à Paris;

4. Gélatine explosive ou gomme pure, Dynamite-gomme, Gelignite ou dynamite-gomme n° 2, Carbonite, des sociétés suivantes :

I. Dynamite-Actien-Gesellschaft, vormals Alfred Nobel, à Hambourg;
II. Rheinische Dynamitfabrik, à Opladen;
III. Deutsche Sprengstoff-Actien-Gesellschaft, à Hambourg;
IV. Sprengstoff-Actien-Gesellschaft Carbonit, à Hambourg;
V. Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft, à Cologne;
VI. Actien Gesellschaft Siegener Dynamitfabrik, à Cologne;
VII. Sprengstoff Gesellschaft Kosmos, à Hambourg;

5. Gélignites nos 1, 2 et 3, Dynamite de sûreté, Sécurophore II et Sécurophore III, de la Société « Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft, » à Berlin;

6. Gélatines-dynamites nos 1 et 2, Gélignite, Gélatine-dynamite pour l'Australie, Gomme pure, Phénix n° 1 et Winterdynamit, de la Société « Sprengstoffwerke Dr R. Nahnsen et Co, » à Hambourg;

7. Kohlencarbonit, Carbonit II et Gélatine-Carbonit, de la Société « Sprengstoff A.-G. Carbonit, » à Hambourg.

B. — NITROCELLULOSES.

1. Coton poudre de guerre pulpé, de toutes provenances;
2. Coton nitré pour collodion, id.
3. Fulmicoton comprimé, id.
4. Tonite, id.

C. — EXPLOSIFS DIVERS.

1. Cheddites, types 2, 41, 60bis, 91 et 120, de la Société des Produits chimiques et d'Explosifs Bergès, Corbin et Cie, à Chedde (France);
2. Prométhée, de M. Louis Larrue, ingénieur civil, à Paris;
3. Arendonckite, de la Société anonyme des Poudres et Dynamites, à Arendonck.

3e classe : Explosifs difficilement inflammables.

1. Explosif Favier n° 1, Explosif n° 2 (antigrisou Favier), Explosif Favier n° 2bis, Explosif Favier n° 3, Antigrisou Favier n° 4, Favier n° 0 pour roches et Favier n° 0 antigrisou, de la Société belge des Explosifs Favier, à Vilvorde;

2. Sécurite n° 2, de la Société « The Flameless Explosives C° L^d^, »

3. Veltérines n°s 1 et 2, de la Société Boinet et Cie, à Viesville;

4. Dahmenite *A* ou Victorite de la Société « Castroper Sicherheits-Sprengstoff Actien-Gesellschaft, » à Castrop (Westphalie);

5. Bellite, de M. Carl Lamm;

6. Fractorites *A*, *B*, *C* et *D*, de la Société anonyme de Dynamites de Matagne;

7. Explosif de sûreté S. S. P., de la Société Müller et Cie, à Liége;

8. Explosifs de Casteau, n°s 1 et 2;

9. Flammivores n°s 1 et 2, de la Société anonyme des Poudres et Dynamites, à Arendonck;

10. Minolite, de M. Paul Cornet, à Verviers;

11. Poudres blanches Cornil n°s 1, 1bis, 2 et 3, de la Société anonyme de la Poudrerie de Carnelle, à Châtelet;

12. Westphalites n°s 1 et 2, fabriquées à Reinsdorf près Wittenberg et à Sinsen (Westphalie), par la Société « Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-Actien Gesellschaft, » à Berlin;

13. Baelenite, de la Compagnie La Forcite, à Baelen-sur-Nèthe;

14. Densites n°s 1, 2 et 3, *D* et *E*, de M. Émile Ghinijonet, ingénieur civil, à Ougrée;

15. Macarite, du même;

16. Yonckites n°s 0, 1, 2, 3 et 9 de Mme Yonck, à Jambes;

17. Perforites n^os^ I, II, III et IV, de M. le Chevalier von Dahmen, fabriquées à la Poudrerie de Muiden (Hollande);

18. Wallonites n°s 1, 2, 3 et 4, de M. Victor Ansay, à Forêt-Trooz;

19. Détonite, nouvel explosif d'Ombret, de la Société J.-P. Gérard et Cie, à Liége;

20. Ammon-Carbonit, de la Société « Sprengstoff A.-G. Carbonit, » à Hambourg;

21. Permonite, de la même Société;

22. Glückaûf *A* et *E*, de la Société « Sprengstoffwerke Glückaûf A.-G., » à Hambourg;

23. Donarite, de la Société « Sprengstoff A.-G. Carbonit, » à Hambourg.

4e classe : Détonateurs.

1. Détonateurs proprement dits (capsules à dynamite), contenant exclusivement du fulminate de mercure pur ou chloraté (quelle qu'en soit la provenance);

2. Détonateurs spéciaux *A* et *B*, de la Société « Sprengstoff A.-G., Carbonit, » à Hambourg;

3. Pétards de chemins de fer, autres que ceux classés parmi les munitions de sûreté (voir 6e classe, n° 11);

4. Amorces électriques avec détonateur, fabriquées par :

a) La Société Nobel's Explosives C° L^d^, à Glasgow;

b) M. Ghinijonet, ingénieur à Ougrée;

c) La Société « The Electric Blasting Apparatus C°, » à Cinderford (Angleterre) (amorces à haute et basse tension);

d) La Société « The Patent Electric Shot Firing C°, » à Chesterfield;

e) La Société « Fabrik Elektrischer Zünder, » à Cologne (amorces types Orion, Sirius, Vulcain et Vénus);

f) M. R. Linke, à Spandau (à haute et à basse tension);

g) La Société française des munitions, à Paris (amorces de tension et de quantité);

h) La Société anonyme d'Explosifs et des Produits chimiques, à Paris (amorces à basse tension);

i) La Société « Bensberger Fabrik Elektrischer Minenzünder, » à Bensberg (à haute et à basse pression);

j) MM. Marcel Gaupillat et Cie, à Paris;

k) La Société anonyme de Dynamite de Matagne, à Matagne-la-Grande (à haute et à basse tension).

5e classe : Artifices.

1. Artifices de joie;
2. Artifices de signaux exempts d'explosifs brisants et de détonateurs;
3. Amorces électriques sans détonateur;
4. Etoupilles à friction ou à percussion;
5. Bonbons fulminants;
6. Pois fulminants;
7. Amorces pour briquets ou pour jouets d'enfants.

6e classe : Munitions de sûreté.

1. Cartouches de guerre métalliques (pour armes portatives);
2. Cartouches métalliques pour tir en blanc, chargées en poudre sans fumée et à balles en cellulodine (pour armes portatives);
3. Cartouches de chasse à douille rigide;
4. Cartouches de revolver et cartouches Flobert à balle ou à plombs;
5. Amorces (capsules chargées);
6. Appareils percutants (godets amorcés, broches amorcées);
7. Cartouches à blanc pour armes à feu portatives, à douille rigide, pourvu qu'elles soient hermétiquement fermées par une ou plusieurs bourres serrantes, en feutre élastique, d'une épaisseur totale de 5 millimètres au moins, ou bien que, étant à douille métallique, elles soient fermées par une ou plusieurs bourres serrantes d'une épaisseur totale d'un millimètre au moins et que l'étui métallique soit soigneusement serti sur la bourre;
8. Allumeurs de sûreté Davey, Bickford et Cie;
9. Fusées de projectiles, pourvues d'un dispositif empêchant leur fonctionnement lorsqu'elles ne doivent pas être utilisées;
10. Mèches de sûreté, non amorcées, pour mineurs;
11. Pétards de chemins de fer des types Kynoch, Jenkins, Ludlow, chargés en poudre noire, présentés par l'Administration des chemins de fer de l'Etat belge.

Remarques. — 1. Les douilles vides amorcées, pour cartouches de guerre ou de chasse, sont considérées comme marchandises ordinaires.

2. Il est entendu que les poudres chargées dans les cartouches pour armes à feu portatives doivent être reconnues officiellement.

Art. 2. — Le présent arrêté abroge celui du 27 octobre 1903, ainsi que les divers arrêtés de reconnaissance et de classement pris depuis cette date jusqu'à ce jour.

G. Francotte.

Bruxelles, le 1er juin 1906.

REGLEMENTS MILITAIRES CONCERNANT LES EXPLOSIFS.

Le nouveau règlement approuvé par Arrêté royal du 27 décembre 1895, n° 11321, s'est inspiré du règlement civil. Il constitue le titre XIII, chapitres V et VI des règlements sur les exercices, les manœuvres et le matériel de l'artillerie.

EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES.

Un nouveau règlement est sous presse.

BIBLIOGRAPHIE.

M. Berthelot. — *Sur la force des matières explosives d'après la thermo-chimie.* — Troisième édition. — Gauthier-Villars, Paris, 1883.

Émile Sarrau. — *Théorie des explosifs.* — Gauthier-Villars, Paris, 1895.

Mémorial des Poudres et Salpêtres. — Gauthier-Villars, Paris, 1882-1907.

O. Guttmann. — *Die Industrie der Explosivstoffe.* — Brunswick, 1895.

F. Heise. — *Traité théorique et pratique des explosifs,* traduit de l'allemand par Aubrun. — Liége, 1907.

Dr Richard Escales. — *Die Schiessbaumwolle.* — Leipzig, Verlag von Veit et comp., 1905.

J. Daniel. — *Dictionnaire des matières explosives.* — Falk fils, Bruxelles, 1902.

G. Sanford. — *Explosifs nitrés,* traduit par J. Daniel. — Gauthier-Villars, 1898.

Annales des Mines de Belgique.

Zeitschrift für das Gesamte Schiess und Sprengstoffwesen. — München.

Moniteur scientifique du docteur Quesneville. — Paris, rue Buci, 12.

Table analytique des Matières.

PREMIÈRE PARTIE.

LA POUDRE NOIRE.

SECTION I.

Étude des matières premières.

CHAPITRE I.

Salpêtre.

§ 1. — Généralités.

Nos. Pages.

1. Composition chimique du salpêtre . 7
2. Propriétés physiques, formes cristallines, formes commerciales . . . 8
3. Action de la chaleur . . . . . »
4. Solubilité . . . . . »
5. Propriétés chimiques 10
6. Mélange de salpêtre et charbon, formule de réaction. . . . . »
7. Calculs numériques relatifs à ce mélange. 11
8. Influence de l'augmentation du carbone 12
9. Mélange du salpêtre et du soufre . . 13
10. Mélange de salpêtre, carbone et soufre »
11. Température de réaction entre les éléments de la poudre . . . . . »
12. Origines du nitre . . . . . »
13. Génération des nitrates naturels . . 14
14. Théorie de la nitrification 15
15. Union directe de l'azote et de l'oxygène »
16. Action des effluves électriques. . . 17
Méthode Birkeland-Eyde . . . . . »
17. Nitrification de l'ammoniaque . . . 18
18. Nitrification par les ferments organisés 21
19. Études de M. Winogradsky 22
20. Conditions de la nitrification . . . 23

Nos. Pages.

§ 2. — Extraction du salpêtre brut.

21. Salpêtre de l'Inde 24
22. Salpêtre de Ceylan 25
23. Nitrières artificielles . . . . . »
24. Nitre du Chili . . . . . »
25. Origine du nitre du Chili. 26
26. Exploitation du minerai . . . . . »
27. Analyse de nitrates de bonnes fabriques 27

§ 3. — Conversion du nitre sodique.

28. Principe de la conversion. 27
29. Conversion par le chlorure de potassium . . . . . »
30. Gisements de Stassfurt . . . . . »
31. Sels divers de Stassfurt 28
32. Traitement de la carnalite . . . . »
33. Opérations de la conversion. . . . »
34. Lavage du salpêtre 30
35. Chlorure de potassium de l'eau de mer 30
36. Chlorure de potassium des varechs . »
37. Conversion du nitrate de sodium par le carbonate de potasse 31
38. Carbonate de potassium du suint . . »
39. Extraction du salpêtre des sels d'osmose des fabriques de sucre . . . 32

§ 4. — Raffinage du salpêtre brut.

40. Opérations du raffinage 33
41. Dissolution 34
42. Collage . . . . . »
43. Cristallisation . . . . . »
44. Lavage des cristaux 35
45. Séchage . . . . . »
46. Produits du raffinage 36
47. Traitement des eaux-mères . . . . »

Traitement des écumes, boues, balayures 37
Degré du raffinage 38

§ 5. — **Analyses du salpêtre.**

Dosage du salpêtre brut . . . . . »
Procédé Pelouze. . . . . »
Dosage de l'azote nitrique par le protosulfate de fer 42
Méthode Schloesing 43
Dosage de l'eau 46
Dosage des matières insolubles. . . »
Dosage du chlore 47
Méthode par précipitation . . . . »
Méthode par voie volumétrique . . 48
Dosage de la chaux et de la magnésie. 50
Dosage de la magnésie 51
Dosage du nitrate de soude 52
Essai du nitre raffiné . . . . . »
Dosage du perchlorate et du chlorate potassique dans le salpêtre raffiné . 54
Moyens de qualifier un nitrate . . . 57

§ 6. — **Nitrates divers.**

Nitrate de sodium 58
Nitrate d'ammoniaque 60
Nitrite d'ammoniaque. 62
Nitrate de baryum . . . . . »
Nitrates de plomb 63
Nitrate de strontium 64
Pernitrates 65

CHAPITRE II.

Charbon de bois.

—

§ 1. — **Généralités.**

Constitution chimique du bois . . . 66
Composition élémentaire de diverses espèces de bois 67
Cendres . . . . . »
Expériences de Violette sur la carbonisation du bois 68
Influence de la température de carbonisation . . . . . »
Résultats obtenus, rendement . . . »
Composition élémentaire du charbon de bois 69
79. Hygroscopicité des charbons de bois. 69
80. Conclusions 70
81. Influence de la durée de carbonisation. »
82. Influence de la nature du bois . . . 71

§ 2. — **Carbonisation du bois.**

83. Principes 72
84. Produits principaux de la carbonisation . . . . . »
85. Choix du bois 73
86. Procédés de carbonisation . . . . »
87. Carbonisation en cylindres . . . . »
88. Travail de la carbonisation 74
89. Perfectionnement 75
90. Appareils Maurouard . . . . . »
91. Distillation par la vapeur d'eau surchauffée. . . . . »
92. Appréciation de la méthode des cylindres 77
93. Inflammation spontanée du charbon de bois . . . . . »

§ 3. — **Propriétés des charbons de bois.**

94. Charbon roux 78
95. Vivacité du charbon roux . . . . »
96. Charbon noir. 80
97. Remarque au point de vue du remplacement du charbon de bois par d'autres matières. . . . . »

§ 4. — **Analyse du charbon de bois.**

98. Dosage du carbone et de l'hydrogène 80

CHAPITRE III.

Soufre.

—

§ 1. — **Généralités.**

98. État naturel 83
99. Propriétés physiques . . . . . »
100. Action de la chaleur. 84
101. Solubilité du soufre 85
102. Variétés du soufre . . . . . »
103. Propriétés chimiques 86
104. Usages du soufre 87
105. Le soufre et les feux de cheminées. »

§ 2. — **Industrie du soufre.**

106. Formation du soufre dans la nature 89
107. Gisements principaux 90
108. Classement des minerais . . . . »
109. Extraction du soufre. Méthode par fusion 91
110. Four d'Oppioni . . . . . »
111. Calcaroni 92
112. Procédés nouveaux Méthode de la Tour Dubreuil . . . 93
113. Méthode Émile et Pierre Thomas . »
114. Système Condy Bollmann . . . . »
115. Analyse du soufre brut de Sicile. . 94

§ 3 — **Extraction du soufre de ses combinaisons.**

116. Pyrite de fer 94
117. Gaz de houille, sulfates. 95

§ 4. — **Raffinage du soufre.**

118. Appareil Lamy 97
119. Appareil de Court et Déjardin . . 98

§ 5. — **Essais du soufre.**

120. Acidité 99
121. Matières terreuses . . . . . »
122. Arsenic 100

SECTION II.

Fabrication de la poudre noire.

CHAPITRE I.

Trituration, mélange et compression des matières premières. — Grenage, lissage, séchage et époussetage.

§ 1. — **Trituration, mélange et compression.**

123. Variations des proportions des matières premières 102
124. Composition de la poudre dans les différents pays 103
125. Opérations successives 104
126. Procédé des pilons. Travail . . . 105
127. Procédé des meules 107
128. Procédé des tonnes 110
129. Procédés mixtes. Tonnes et pilons . . . . . .
130. Tonnes et meules. . . . . .
131. Pulvérisation du soufre. . . . .
132. Trituration des composés binaires .
133. Dosage des composés ternaires . .
134. Trituration et mélange des composés ternaires . . . . . .
135. Trituration, mélange et compression sous les meules . . . . . .
136. Méthode simplifiée . . . . . .
137. Méthode des tonnes, meules et presse hydraulique . . . . .
138. Presses hydrauliques à chaud . .

§ 2. — **Grenage de la poudre.**

139. Influence du grenage sur la vivacité de la poudre . . . . . .
140. Grenoir Lefèvre. Grenoir Lefèvre modifié . . . . . .
141. Grenoir Congrève ou Gruson . . .
142. Grenage des poudres à gros grains.

§ 3. — **Lissage de la poudre.**

143. Principe du lissage . . . . . .
144. Tonnes lissoires . . . . . .
145. Travail du lissage. . . . . .
146. Causes qui influent sur le lissage .

§ 4. — **Séchage.**

147. Principe du séchage . . . . . .
148. Séchage par la vapeur d'eau . .
149. Séchage par l'air chaud . . .

§ 5. — **Égalisage et époussetage**

150. Appareils d'égalisage et d'époussetage . . . . . .

CHAPITRE II.

Poudres spéciales.

151. Poudres de chasse . . . . .
152. Poudres de mine . . . . . .
153. Charges comprimées . . . .
154. Poudres progressives . . . .
155. Régularité des poudres. . . .
156. Poudres à gros grains . . . .
157. Poudres plates Castan . . . .
158. Poudre brune dite chocolat . .

SECTION III.

Propriétés générales des poudres.

CHAPITRE I.

Propriétés physiques.

§ 1. — Signalement des poudres.

159. Aspect physique et propriétés . . 134
160. Tableau des anciennes poudres belges. 135
161. Densités des poudres 139
162. Méthode du flacon . . . . . »
163. Densimètre Mallet-Bianchi. . . . 141
164. Densimètre Rode. 144
165. Densimètre Ricq 145
166. Densité gravimétrique 146

§ 2. — Épreuves et réception des poudres.

167. Aspect physique 147
168. Grosseur des grains . . . . . »
169. Densité gravimétrique . . . . . »
170. Densité absolue 148
171. Essai d'hygroscopicité . . . . . »
172. Combustion et inflammation . . . »

CHAPITRE II.

Analyse de la poudre de guerre.

173. Procédé réglementaire Chandelon . 149
174. Dosage de l'humidité . . . . . »
175. Dosage du salpêtre 15
176. Dosage du soufre 15
177. Analyse du charbon 15
178. Méthode simplifiée d'analyse . . .
179. Remarques . . . . . .
180. Dosage de l'eau 15
181. Dosage du salpêtre . . . . . .
182. Dosage du salpêtre Schloesing . . 15
183. Dosage du soufre 15
184. Dosage du soufre sous forme de sulfate de baryum. . . . . .

CHAPITRE III.

Théorie chimique de la combustio de la poudre.

185. Température d'inflammation de la poudre 15
186. Formule de décomposition de Chevreul. 15
187. Travaux de Bunsen et Schischkoff . 15
188. Travaux de Linck et Kayroli . . . 15
189. Recherches de Federow 16
190. Recherches de Nobel et Abel. . . 16
191. Théorie de Berthelot 16
192. Chaleur dégagée par la poudre et volume des gaz. 17

CHAPITRE IV.

Poudres diverses à base de nitrate

193. Composition de diverses poudres employées dans les mines . . . 17

DEUXIÈME PARTIE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA FORCE DES MATIÈRES EXPLOSIVES.

CHAPITRE I.

Études théoriques.

194. Effets mécaniques produits par l'explosion 177
95. Potentiel (valeur du) 178
96. Chaleur dégagée par l'explosion . 179
97. Chaleurs spécifiques 180
98. Chaleurs moléculaires. 181
19. Tableau des chaleurs spécifiques de quelques corps (pression constante) 18
200. Tableau des chaleurs spécifiques (volume constant) 18
201. Poids atomiques de divers corps .
202. Principe de thermochimie . . . 18
203. Détermination théorique de la chaleur de combustion . . . . .
204. Exemple de calcul 18

205. Chaleurs de formation des principales combinaisons chimiques . 186
206. Calcul numérique de la chaleur de combustion de la nitroglycérine. 190
207. Cas d'un explosif à combustion incomplète . . . . . »
208. Recherche du volume gazeux . . 192
209. Volume moléculaire . . . . . »
210. Tableau des poids du litre des gaz. 194
211. Chaleur dégagée sous volume constant 195
212. Température d'explosion 197
214. Définition de la force explosive . . 199
215. Expression algébrique de la force explosive 200
216. Calcul de la pression pour une densité de chargement donnée . . 202
217. Pressions calculées 209
218. Cas où l'explosif abandonne des résidus 210
220. Exemple d'un calcul complet . . 212
221. Tableau des chaleurs spécifiques . 215
222. Densités et volumes moléculaires . 216

CHAPITRE II.

Procédés expérimentaux pour l'évaluation de la force des matières explosives.

223. Bloc de plomb (Trauzl). 217
224. Écrasement de cylindres de plomb. 219
225. Appareil Quinan 220
226. Mortier éprouvette 222
227. Essais des explosifs 223
Mesure de la chaleur dégagée . »
Volume des gaz . . . . . »
Mesure des pressions . . . . . »
Vitesse de détonation 224
Mesure de la sensibilité. . . . . »
Aptitude à la détonation 226
» à la transmission. . . »
Recherche de l'hygroscopicité . »
Stabilité physique et chimique . »
Température d'inflammation . . »

TROISIÈME PARTIE.

POUDRES D'AMORCES.

SECTION I.

Poudres à base de chlorate de potassium.

CHAPITRE I

Matières premières.

§ 1. — Étude du chlorate de potassium.

228. Préparation dans les laboratoires . 232
Méthode Lunge 233
Fabrication par l'électrolyse. . . 235
229. Propriétés du chlorate potassique . 238
230. Étude du chlorate de sodium . . 242
231. » » d'ammonium . »
232. Essais du chlorate 243
233. *Analyse du chlorate de potassium* . 245
234. *Dosage du chlorate* . . . . . »
235. Perchlorates (généralités). . . . 245
236. Perchlorate de potassium. . . . 246
237. Perchlorate de sodium. 247
238. Perchlorate d'ammonium. . . . »
239. Sulfure d'antimoine et essais . . 248

CHAPITRE II.

Fabrication de la poudre muriatique pour étoupilles et vis porte-feu.

240. Détails de la fabrication 250
241. Amorces pour fusils. 251
242. Compositions fulminantes diverses 252

CHAPITRE III.

Généralités sur les poudres au chlorate de potassium.

243. Caractères brisants de ces poudres 253
244. Étude de la poudre de Berthollet . »

. Étude de la poudre chlorate-carbone 258
. » » chlorate-soufre . 259
. » » chlorate-carbone-soufre . . . 260
. » » chlorate-sucre . »
. Poudre au nitrate et charbon . . 261
. Poudre au nitrate-soufre 261
. Poudre au nitrate-soufre-carbone . »
. Poudres à base de chlorate et de nitrates (mines et ruptures) . . 262
. Explosifs à base de perchlorates . 269
. Poudres à base de chromates . . 270

CHAPITRE IV.

Analyse des mélanges pyrotechniques.

. Essai qualitatif et quantitatif . . 271

SECTION II.

Poudres à base de fulminate de mercure et de ses dérivés.

CHAPITRE I.

Fulminate de mercure.

. Préparation 274
257. Propriétés 277
258. Force 278
259. Fulminate et salpêtre 280
260. Poudre fulminante pour capsules . 281
261. Poudre pour capsules à balle . . 282
262. Fulminate et chlorate . . . . . »
263. Compositions fulminantes diverses 283
264. Détonateurs pour dynamites, etc. »
265. Fulminate d'argent 285
266. Fulminates divers 286

CHAPITRE II.

Explosifs divers de la série cyanique.

267. Acide isocyanurique 287
268. Cyanodibromopicrine 288
269. Trinitracétonitrile . . . . . »
270. Binitracétonitrile 289
271. Nitroforme . . . . . »
272. Analyse des mélanges fulminants . 290
273. Compositions fulminantes diverses. »
274. Procédés d'amorçage 291
276. Détonateurs électriques 294
277. Tubes et cordeaux détonants. . . »

QUATRIÈME PARTIE.

LES EXPLOSIFS CHIMIQUES.

SECTION I.

ps explosifs provenant des hydrocarbures et de leurs dérivés de a série grasse par substitutions itrées.

CHAPITRE I.

érivés nitrés des hydrocarbures aliphatiques.

Généralités. 297
Action des alcalis sur . . . . . méthane 298
280. Nitroéthane sodé 208
281. Substitutions nitrées, chlorées, iodées, etc. Nitroforme. Formène bromonitré. Formène tétranitré. Bromopicrine 299

CHAPITRE II.

Éthers nitriques des alcools monovalents (monols).

282. Généralités 300
283. Éthers nitriques des alcools monovalents 301
284. Chaleurs de formation des éthers nitriques. 302

285. Constitution des éthers nitriques . 303
286. Éther méthylazotique . . . . . »
287. Éther éthylnitrique 304
288. Hypoazotite d'éthyle 305
289. Éther amylnitrique 306

CHAPITRE III.

Éthers nitriques des alcools bivalents (diols).

290. Glycols 308
291. Éther glycol diazotique . . . . »

CHAPITRE IV.

Éthers nitriques des alcools trivalents (triols.)

§ 1. — Nitroglycérine.

292. Étude de la nitroglycérine . . . 310
293. Fabrication industrielle 312
294. Regagnage des acides 315
295. Méthode Boutmy et Faucher. . . 316
296. Méthode Champion et Pellet. . . 317
297. Propriétés de la nitroglycérine . . »
298. Gel de la nitroglycérine 318
299. Force de la » 320
299½. Modes de décomposition 321
300. Usages de la nitroglycérine . . . 322
301. Etude de la dinitroglycérine. . . 323
302. » » mononitroglycérine . 325
303. » des glycérides . . . . . »
304. » de la monochlorhydrine . . 326
» » dichlorhydrine . . . »
» » trichlorhydrine . . . 327
» » chlorodinitroglycérine »
305. » des acétines 328
306. » des formines. . . . . »
307. Ether triazoteux de la glycérine . 329
308. Essais de la glycérine pour dynamite »
309. Essais de l'acide nitrique. . . . 333
310. » » sulfurique . . . 334
311. Analyse des acides de regagnage . 335

§ 2. — Dynamites à bases inertes.

312. Principe des dynamites . . . . »
313. Observation sur le choix des absorbants de la nitroglycérine . . . 337
314. Préparation industrielle de la dynamite . . . . . »
315. Propriétés de la dynamite . . .
316. Explosion de la dynamite. . . .
317. Détonation par influence . . . .
318. Ratés de mine . . . . . .
319. Dynamite gelée . . . . . .
320. Dégel de la dynamite . . . . .
321. Sensibilité des dynamites gelées et des corps explosifs en général .
322. Dynamites non congelables ou antigel . . . . . .
323. Force de la dynamite . . . . .

§ 3. — Dynamites à bases active

324. Principe . . . . . .
325. Compositions diverses . . . . .

§ 4. — Dynamites au fulmicoton

326. Principe . . . . . .
327. Dynamites au coton-poudre . . .
328. Gomme explosive . . . . . .
329. Gélatine explosive de guerre. . .
330. Essais faits avec la gélatine explosive de guerre . . . . . .
331. Gélatines explosives. . . . . .
332. Forcites de Lewin, etc. . . . .
Compositions diverses . . . . .
333. Explosif Abel Dewar . . . . .

§ 5. — Réception, épreuves et analy des dynamites.

334-335. Recherches diverses . . . .
336. Analyse d'une dynamite guhr . .
337. Analyse des gommes explosives. .
338. Analyse d'une dynamite complexe.
339. Analyse d'une gélignite . . . .
340-341. » . » . . . .

CHAPITRE V.

Éthers nitriques des alcools tétravalents.

342. Étude de l'érythrite. . . . . .
343. Nitropentaérythrite . . . . . .

CHAPITRE VI.

Éthers nitriques des alcools pentavalents.

344. Pinite et quercite et substitutions nitrées . . . . . .

CHAPITRE VII.

Éthers nitriques des alcools hexavalents.

5. Mannite et nitromannite 392
6. Mannitane et nitromannitane . . 394
7. Dulcite . . . . . »

SECTION II.

Dérivés nitrés des hydrates de carbone.

8. Généralités 395
9. Nitroglucose 396
0. Glucosane et nitroglucosane . . . »
1. Inosite et nitroïnosite 397
2. Nitrosaccharose . . . . . »
3. Nitrolactose . . . . . »
4. Nitrodextrine 398
5. Nitrogomme . . . . . »
6. Amidons nitriques . . . . . »
7. Cellulose nitrique 400
8. Constitution chimique 401
9. Proportions du mélange sulfo-nitrique 406
0. Influence de l'eau sur le processus de la nitration 408
1. Degré de nitration maximum réalisable avec la cellulose 409
2. Influence de la température sur la nitration 411
3. Influence de l'acide hypoazotique. 412
4. Procédé de fabrication Abel . . . »
5. Procédé Thomson par déplacement des acides au moyen de l'eau . . 414
6. Lavage du coton-poudre 416
7. Cuisson du coton-poudre 417
8. Appréciation de la méthode Abel. 419
9. Fabrication du coton-poudre à la poudrerie du Moulin blanc. . . 420
0. Regagnage des acides 422
1. Hydrocellulose 423
2. Nitrohydrocellulose 424
3. Oxycellulose et nitrooxycellulose . 425
4. Dessiccation du coton-poudre . . 427
5. Appareil Rouart 428
6. Propriétés du coton-poudre . . . »
7. Examen des celluloses nitrées au microscope polarisant . . . 434
378. Dénitration de la pyroxyline . . . 435
379. Expériences diverses sur le coton-poudre 436
380. Produits de l'explosion du coton-poudre 439
381. Stabilité du coton-poudre. . . . 441
382. Détonation du coton-poudre . . . 444
383. Force du coton-poudre . . . . »
384. Coton-poudre octonitrique . . . 445
385-386. Coton-poudre humide . . . 446
387. Influence des liquides et des solides sur la susceptibilité de détonation des corps explosibles. 449
388. Coton-poudre paraffiné 450
389. Usages du coton-poudre 451
Armes, torpilles, mines, obus. Ruptures.
390. Coton-poudre pour collodion . . 459

§ 3. — Fulmicoton nitraté et chloraté.

391. Fulmicoton au nitrate d'ammoniaque 462
392. Fulmicoton au nitrate potassique . 463
393. Tonite du génie belge 464
394. Conditions de réception de la tonite. 465
395. Fulmicoton chloraté 467

§ 4. — Poudres diverses à base de cellulose nitrée.

396. Poudre de Schültze 468
Poudres de chasse pyroxylées . . 469
397. Celluloïd 472
398. Soie artificielle 473
399. Viscose 475

§ 5 — Épreuves et analyses du coton-poudre.

400. Nomenclature des épreuves . . . 476
Examen physique . . . . . »
Densité, humidité, incinération, solubilité 477
Épreuve de rupture 478
Épreuve d'alcalinité . . . . . »
Épreuve de chaleur 480
Épreuve de chaleur Guttmann . . 482
401. Recherches sur la détermination de la stabilité de la nitrocellulose . 485
402. Méthode Bergmann et Junk pour la détermination de la stabilité du coton-poudre 492

403. Essais d'explosion du coton-poudre. 494
404. Détermination du taux d'azote par la méthode Schloesing . . . . »
405. Tables numériques pour le calcul des volumes gazeux 498
406. Détermination du taux d'azote par la méthode de Lunge 504
407. Proportions centésimales d'azote et de peroxyde d'azote contenus dans certains corps 507
408. Lecture du nitromètre Lunge . . 508
409. Dosage de l'azote par le procédé Kjeldahl . . . . . »
410. Méthode Kjeldahl-Joldbauer . . . 509
411. Analyse complète des nitrocelluloses.
Dessiccation.
Coton-poudre soluble.
Coton-poudre insoluble.
412. Méthode Lunge et Weintraub . .

SECTION III.

Éthers perchloriques.

413. Acide perchlorique . . . . . .
Acide hypochlorique.
Ether méthylperchlorique. . . .
» éthylperchlorique.
Anhydride hypochloreux . . . .

CINQUIÈME PARTIE.

EXPLOSIFS AROMATIQUES.

SECTION I.

Corps explosifs provenant des hydrocarbures aromatiques et de leurs dérivés par substitutions nitrées.

CHAPITRE I.

Benzène et ses dérivés nitrés.

414. Généralités sur les substances aromatiques. 522
415. Etude du benzène 523
416. Tiophène 524
417. Mononitrobenzène 525
418. Binitrobenzène 526
419. Trinitrobenzène 528
420. Remarques sur les substitutions nitrées du benzène 529
421. Chaleur de formation des dérivés nitrés de la série aromatique . . »
422. Dérivés chloronitrés du benzène . 530
423. Kinénite, roburite . . . . . »
424. Toxicité des nitro-benzènes . . . 531
425. Ozobenzène . . . . . »
426. Nitroaniline 532

CHAPITRE III.

Corps azoïques et diazoïques.

427. Composition . . . . . .
428. Nitrate de diazobenzol . . . . .
429. Chromate de diazobenzol . . . .
430. Bromure de diazobenzol . . . .
431. Sulfate de diazobenzol . . . . .
432. Diazoamidobenzol . . . . . .
433. Produits de substitution du diazobenzol . . . . . .

CHAPITRE IV.

Phénols nitrés.

§ 1. — **Généralités sur les phénols**

434. Constitution chimique des phénols.
435. Phénol benzénique . . . . . .
436. Mononitrophénols . . . . . .
437. Orthonitrophénol . . . . . .
Paranitrophénol . . . . . .
Métanitrophénol . . . . . .
438. Dinitrophénols . . . . . .
439. Trinitrophénols . . . . . .

§ 2. — **Étude de l'acide picrique.**

40. Préparation de l'acide picrique. . 543
Action de la chaleur 545
Action de l'acide picrique sur les métaux 548
Détonation de l'acide picrique . . 549
Force de l'acide picrique . . . . »
Usages 550
Poudres diverses à base d'acide picrique 551
Explosif de Turpin . . . . . »
Mélinite ou lyddite 552
Shimose japonaise . . . . . »
Explosifs divers 554

§ 3. — **Picrates.**

41. Formation des picrates. 554
42. Picrates de potassium 555
43. Poudres au picrate de potassium nitraté 556
44. Poudre au picrate de potassium chloraté 557
45. Picrate de sodium 558
46. Picrate d'ammonium . . . . . »
47. Picrate d'ammonium nitraté. . . 559
48. Picrate d'ammonium et nitrate d'ammoniaque. 560
49. Poudre au picrate de potassium chloraté . . . . . »
50. Poudre picrique (Brugère) . . . 561
51. Feux pyrotechniques . . . . . »
52. Picrate de fer. 562
53. Picrate mercurique 563
54. Picrates de plomb 563
55. Picrate de calcium . . . . . »
56. Ammonio-picrates métalliques . . 564
57. Éther picrique . . . . . »
58. Picrates d'hydrocarbures . . . . »

§ 4. — **Phénols nitrés complexes.**

59. Phénols chloronitrés 564
60. Phénols bromonitrés 565
61. Phénols iodonitrés . . . . . »
62. Phénols nitroamidés . . . . . »
63. Dérivés chloro-nitroamidés . . . 567

§ 5. — **Dérivés azoïques des amidophénols.**

64. Diazonitrophénol. 567
Diazodinitrophénol . . . . . »
Diazonitrochlorophénol . . . . . »

§ 6. — **Nitrophénols bivalents et trivalents.**

465. Résorcine et nitrorésorcine . . . 568
466. Trinitrorésorcine . . . . . »
467. Oxypicrates . . . . . »
468. Phloroglucine. . . . . »
469. Trinitrophloroglucine . . . . . »

§ 7. **Essais de l'acide picrique.**

470. Réactions qualitatives 569
Essais de l'acide picrique commercial »
Analyse quantitative 570
Dosage de l'acide picrique . . . 571
Teneur en azote 572

CHAPITRE V.

Toluène et ses dérivés.

§ 1. — **Toluène.**

471. Constitution chimique 572
472. Mononitrotoluène . . . . . »
473. Binitrotoluène 574
474. Trinitrotoluène . . . . . »
Macarite, etc. 576
475. Dérivés chloronitrés du toluène. . »
Dérivés iodonitrés du toluène . . 577
Dérivés iodochloronitrés . . . . »
Dérivés bromo-iodonitrés. . . . »

§ 2. — **Phénol toluidique et ses dérivés nitrés.**

476. Phénol crésylique 577
477. Dérivés nitrés du crésylol. . . . »
478. Acide trinitrocrésylique 578
479. Acide crésylique nitraté . . . . »
Crésylite-écrasite, etc. 579
480. Divers dérivés nitrés . . . . . »
481. Dérivés nitrosés du crésol. . . . 580

CHAPITRE VI.

Naphtaline et ses dérivés nitrés.

§ 1. — **Naphtaline.**

482. Constitution chimique 581
483. Mononitronaphtaline 582
484. Binitronaphtaline 583
485. Trinitronaphtaline 584

486. Tétranitronaphtaline . . . . . »
487. Explosibilité des nitronaphtalines . 585
488. Explosibilité des corps nitrés . . »

§ 2. — **Phénols naphtaliques nitrés.**

489. Phénol naphtalique. 588
490. Nitronaphtols . . . . . »
Acénaphtaline . . . . . »

CHAPITRE VII.

Poudres à base d'hydrocarbures nitrés. — Explosifs Favier. — Nitramites ou ammonites.

491. Composition 589
492. Fabrication à Vilvorde. 590
Compositions diverses 590
493. Réaction des hydrocarbures nitrés. 599
494. Dosage du nitrotoluène 600

CHAPITRE VII.

Dérivés nitrés de l'acide benzoïque.

495. Acide benzoïque 601
Nitrobenzoates . . . . . »
496. Acide diazobenzoïque . . . . . »
497. Id. 602
498. Acide diazoamidobenzoïque . . . »
499. Azotate d'acide benzoïque . . . »
500. Guanidine et ses sels . . . . . »

SIXIÈME PARTIE.

EXPLOSIFS DIVERS.

CHAPITRE I.

Explosifs acides de Sprengel.

501. Principe 610
Mélange acide picrique et acide nitrique, oxonite . . . . . »
502. Mononitrobenzène et acide nitrique 610
503. Hellhoffite . . . . . »

CHAPITRE II.

Panclastites de Turpin.

504. Peroxyde d'azote. 612
505. Panclastite au nitrobenzène . . . 613
506. Id. » . . . »
507. Id. au sulfure de carbone . »
508. Panclastites diverses 614
509. Usages des plancastites . . . . »
510. Oxyliquit 615
511. Explosifs à base de métaux oxydables 616

CHAPITRE III.

Substances explosives spéciales. Composés minéraux explosifs.

512. Acide azothydrique et ses sels . . 617
Azoture sodique . . . . . »
Azothydrate d'ammonium. . . . 618
Azoture de mercure. . . . . »
Chlorure d'azote . . . . . »
Iodure d'azote. 620
Bromure d'azote 621
Sulfure d'azote . . . . . »
Azoture d'argent 622
Azoture de cuivre . . . . . »
Azoture de mercure. . . . . »
Séleniure d'azote. 623
Acétylure de cuivre . . . . . »
Sels de mercure explosifs 624

CHAPITRE IV.

Poudres sans fumée.

513. Principe des poudres sans fumée . 625
514. Fabrication générale 629
515. Classification 630
516. Poudre au fulmicoton . . . . . »
517. Gélatinisation . . . . . »
518. Malaxeurs 631
519. Laminage . . . . . »
520. Grenage. . . . . »
521. Poudres diverses. . . . . »
522. Poudres belges . . . . . »
523. Caractères balistiques . . . . . »

524. Tableau des caractères chimiques . 645
525. Caractères chimiques . . . . . »
526. Poudres à base de fulmicoton et nitroglycérine 646
527. Explosif Abel Dewar
Cordite 648
Balistite italienne 651
Ambérite . . . . . »
Solénite. . . . . »
528. Poudre sans fumée diverses . . . 652
529. Poudres de chasse pyroxylées . . 653
530. Propriétés des poudres sans fumée. 655
531. Densités. 656
532. Stabilité. 657
533. Résistance aux chocs 658
534. Action de la chaleur. . . . . »
535. Chaleurs dégagées par les poudres colloïdales 660
536. Tableau des quantités de chaleur et de gaz dégagées 661
537. Érosions des armes à feu 662
538. Améliorations. 663
539. Influence des résidus sur la formation de la rouille 664
540. Étude de l'acétone
Conditions de réception 665
541. Éther-essais. 666
542. Analyses des poudres sans fumée . 669
543. Analyse d'une poudre complexe. . 670
544. Méthodes d'analyses. 671
545. Nouvel essai des poudres à la nitrocellulose 673
546. Analyse de la cordite 677

SEPTIÈME PARTIE.

PYROTECHNIE

547. Compositions d'artifices 681
548. Mixtures fondamentales 682
549. Matières combustibles 683
550. Mixtures chloratées. 684
551. Mèches et étoupilles. . . . . »
552. Artifices. 685
Balles à éclairer
Feux colorés
553. Balles à axphyxier 687
554. Production de flamme 688
Roche à feu . . . . . »
555. Feu Lorrain . . . . . »
Feu liquide. . . . . »
Composition à combustion spontanée 689
556. Pâtes d'allumettes.
557. Compositions d'allumettes . . . 690
558. Allumettes suédoises 691

HUITIÈME PARTIE.

ÉTUDES DIVERSES

CHAPITRE I.

Emploi des explosifs en présence du grisou.

559. Principe des explosifs antigrisouteux 695
560. Explosifs dits de sûreté 701
Recherches pratiques 708
Installations de Frameries 710
561. Recherche de la charge limite . . »
562. Recherche de la puissance des explosifs. 71
563. Tableau général récapitulatif des expériences sur les antigrisous . 71
564. Explosifs pour mines 71
565. Déduction des expériences de Frameries 71
566. Durée de la flamme. . . . . .
567. Vitesse de la détonation . . . .
568. Aptitude à la détonation 7
569. Explosif de sûreté et explosif antigrisouteux . . . . . .

570. Explosions causées par les poussières de houille en l'absence du grisou. . . . . »
571. Tirage des coups de mine à la chaux 720

CHAPITRE II.

Destruction des matières explosives.

572. Généralités. 721
573. Des engins explosifs (bombes) . . »
574. Amorçage des bombes à la mèche . 722
575. » mécanique 723
576. » chimique. 724
577. Bombes lancées 726
578. Grenades à main. 727
579. Destruction des bombes.
580. Instruction relative à l'examen et la destruction des matières ou engins explosifs saisis ou confisqués par les autorités judiciaires ou administratives 731
Classification générale des matières ou engins explosifs 730
Découverte de l'engin. Mesures à prendre 731
Transport des pétards, des bombes, des artifices. 732
Destruction des pétards, des bombes, des artifices 733
Personnel préposé à la destruction 737

CHAPITRE III.

Études sur les propriétés des matières explosives.

581. Théorie de la détonation (Favier) . 739
582. Détonations d'ordres différents des substances explosives 743
583. Théorie de l'onde explosive . . . 746
584. Explosions par influence 748
585. Distances auxquelles se font les explosions par influence . . . 749
586. Effets des explosions à distance . 751
Expériences de Cummersdorff . . 753
587. Explosion de Schuerpoll (Keeken . 755
588. Explosion de Santander 775
589. Explosion de Vigna Pia 777
590. Explosion à Johannesburg . . . »
591. Explosion à Lagouban (Toulon). . 778
592. Explosion d'Avigliana (Piémont) . 779
593. Explosion Corvilain, à Anvers . . »
594. Table anglaise des distances dangereuses. 780
595. Formules du colonel Tournay . . 781
596. Formule du colonel Flamache . . 783
597. Formule de M. Lheure . . . . . »
598-600. Vitesse de l'onde explosive (formule) . . . . . »
601. Vitesses expérimentales 787

CHAPITRE IV.

Lois et règlements sur les fabriques, les dépôts, le débit, le transport, la détention et l'emploi des produits explosifs 789

Table alphabétique des Matières.

A.

Pages.

-Dewar (explosif) 379
-Dewar (poudre sans fumée) . . . 648
(détonateurs) 252
(fabrication du coton-poudre) . . 412
(poudre sans fumée) 640
(poudre noire) 162
li (poudre sans fumée) 664
ines 328
aphtène 588
aphtènes nitrées 588
one 665
ylure de cuivre. 623
e azothydrique. 617
e benzoïque. 601
e benzoïque (nitré) 601
e carbolique 539
e crésylique. 577
e diazobenzoïque 601
e hypo-azotique 412
e hypochlorique 516
e isocyanurique 287
e isopurpurique 562
e nitrique (essais). 333
e perchlorique. 516
e phénique 539
e picramique 566
e picrique 543
e (regagnage) 315
es de regagnage (essais). 335
e sulfurique (essais) 334
ite. 390
Girard (hydrocellulose) 422
ols tétravalents. 390
inium (explosifs à) 616
nettes suédoises 691
nettes. 689
i (poudre) 269
érite 651, 652
le (poudre) 174
lons nitrés 398
ional 598
ioniac-Krut 358
ionia-nitrate powder. 396
oniaque (nitrification de l') . . . 18

Pages.

Ammoniopicrates 564
Ammon carbonite 713
Ammon carbonit 716
Ammonite. 706
Ammonites 706
Amorçage (procédé d'). 589
Amorçages des bombes criminelles . . 291
Amorces (poudre d') 229
Amorce du Mauser 251
Amorce des vis porte-feu 250
Amorces (compositions d') 253
Amorces pour cartouches de poudre sans fumée 253
Amorces électriques Kander. 254
Amorces électriques de tension . . . 254
Amorces à dynamites 283
Amorce Tirman 293
Amorces de friction 293
Amorces à la chaux (Jarolinck). . . . 293
Amyl nitrique (éther) 306
Analyse des dynamites 380
Analyse du coton-poudre 476, 494
Analyse des poudres sans fumée . . . 671
Analyse du charbon de bois. 80
Analyse du salpêtre brut 46
Analyse du salpêtre raffiné 52
Analyse des mélanges pyrotechniques . 271
Anglaise (table des distances dangereuses) 780
Aniline fulminante 536
Antimoine (sulfure d'). 248
Antigels (dynamite). 350
Antigrisou Favier 593
Antigrisou Favier 701, 705
Antigrisouteux (explosifs) 696
Antigrisouteux (explosifs classés) . . . 706
Antigrisouteux (définition) 719
Aptitude à la détonation 718
Aptitude à la détonation 226
Aptitude à la transmission 226
Apyrite. 640
Arabite. 390
Ardeer powder 706
Arendonck (antigrisou) 705
Argent (fulminate) 285
Armstrong (amorce) 252

Artifices 731
Asphaline 263
Astralit 706
Astralite 704
Atlas (poudre) 363
Atomiques (poids) 183
Augendre (détonateurs) 253
Augendre (poudre blanche) 262
Avigliana (explosion de) 779
Azoïques (corps) 533
Azotate d'ammoniaque 60
Azotate de baryum 62
Azotate d'éthyle 304
Azotate de glycéryle 310
Azotate de méthyle 303
Azotate de potassium 7
Azotate de sodium 58
Azotate de strontium 64
Azotite d'ammoniaque 62
Azothydrate d'ammonium 618
Azoture d'argent 618, 622
Azoture de mercure 618
Azoture mercureux 618, 622
Azoture de sodium 617

B.

Baelenite 703
Baelenite 712
Baelenite II 712
Bailhache (analyse du salpêtre) . . . 42
Balistite anglaise 650
Balistite italienne 651
Balle à éclairer 685
Bändisch (poudre de) 469
Baryum (nitrate de) 62
Baromètre (correction du) 498
Bases actives (dynamites à) 353
Bavarit 706
Beadle 406
Bebie 409
Beekmann (fabrication du fulminate de mercure) 276
Beidenberg (poudre de) 172
Bellite 506
Bellite 706
Bengale (feux de) 685
Benzine 523
Benzine trinitrée 528
Bergès Corbin et Cie (cheddites) . . . 287
Bergmann et Junk (épreuve du coton-poudre) 402
Berthelot (théorie de l'onde explosive) . 746
Berthelot (bombe calorimétrique) . . . 179
Berthelot (poudre noire) 167
Berthollet (poudre au chlorate) 235
Bickel (bombe calorimétrique) 179
Bickford (mèche) 291
Bielefeldt (détonateurs) 291
Binitracétonitrile 300
Binitrobenzène 530
Binitronaphtalène 583
Binitrotoluène 576
Bioxyde de manganèse (dans le sulfure d'antimoine) 349
Birkeland-Eyde (procédé de) 17
Bjerkmann (explosif) 398
Bloc de plomb Trauzl 217
Bloc de plomb Heize 218
Bode (densimètre) 144
Bois (charbon de) 66
Bois (inflammation spontanée) 77
Bois pyroxylé 400
Bombe calorimétrique de Berthelot . . 179
Bombe calorimétrique de Bickel . . . 179
Bombes criminelles 722
Bombes lancées 726
Bombes 730
Boutmy et Faucher (fabrication de la nitro-glycérine) 316
Boxer (fusées) 253
Brain (poudre de) 359
Braconnot 401
Bromopicrine 399
Brown 401
Bromure d'azote 621
Bruneau (poudre de chasse sans fumée) . 654
Bunsen (poudre noire) 167

C.

Calcarone (soufre) 92
Callenberg (explosif) 705
Callou (poudre de) 363
Cannel-Coal powder 270
Canon lance-torpille 341
Canons (de soufre) 98
Capsules (poudre fulminante) 281
Carbodynamite 336
Carbodynamite 360

olique (acide) 539
onite 357
onite 703
onite 706
onite I 716
onite II 714
onite II 716
onite pour charbon . . . . . »
onite . . . . . »
onisation (du bois) 71
oazotine 171
onites 269
alite 28
ouche (amorcage d'une). 291
n (poudre) 131
ctines (Chandelon) 565
lle (poudre sans fumée) 643
lose nitrique 400
lose nitrée 401
loïd 472
n (nitre de) 25
eur dégagée dans une explosion. 179, 184
eurs spécifiques 180
eurs spécifiques (tableau des). 182, 215
eurs de formation (tableau des) . . 186
eur d'une explosion volume constant 195
eur (sensibilité à la) 225
on (explosions par influence) . . . 749
pion et Pellet (fabrication de nitro-
cérine) 317
delon (analyse de la poudre noire). 173
delon (fabrication du fulminate de
rcure) 275
delon (dénitration du nitro-coton). 434
on de bois. 66
on de bois roux 78
on de bois noir 80
on de bois (analyse du) . . . . »
lonnet (le comte de) 473
e (poudre de). 126
e (poudres de chasse pyroxylées) . 633
e (poudre Bruneau). 654
(dosage dans le nitre) 47
(tirage des mines à la) 719
(tirage des mines) 720
lites 267
eul (poudre noire) 156
(nitrate du) 25
que (amorçage des bombes) . . . 724
ate ammonium 242
Chlorate de potassium (étude du) . . . 232
Chlorate de sodium. 242
Chlorates (poudres aux) 258
Chlorate (recherche dans le nitre). . . 55
Chlore (dosage dans le nitre) 47
Chlorhydrate de térébenthine (poudres au) 267
Chlorhydrines nitrées 326
Chlorure d'azote. 618
Chocolat (poudre) 131
Choc (sensibilité au) 225
Chromates. 270
Clausius (formule des pressions) . 202, 205
Colonia powder 357
Colonia powder 361
Combustion de la poudre noire. . . . 156
Compositions fulminantes (amorces) . . 252
Composition grise 683
Condy, Bollmann (soufre) 93
Congrève (grenoir) 120
Conversion 28
Coppal (poudre sans fumée). 655
Cordeaux détonants 294
Cordite 648
Cornil (poudre blanche) 702
Cornil 1bis 714
Corvilain (explosion) 779
Colinite antigrisouteuse 714
Collodion (coton-poudre pour) 439
Coton-poudre. 401
Coton-poudre octonitrique 445
Coton-poudre humide 446
Coton-poudre nitraté 462
Coton-poudre chloraté. 467
Coville (explosion par influence) . . . 751
Covolume (définition du) 201
Crémonites 269
Crémonites (Alvisi) 562
Crésol 577
Crésylates 578
Crésylite 579
Crésylol 577
Crusher manomètre à) 223
Cugny (dynamites de) 378
Cummersdorff (expériences de). . . . 753
Curtis et André (poudres) 562
Curtis et André (poudre sans fumée) . . 653
Cyanodibromopicrine 288
Cylindres d'écrasement 219

D.

Dahménite 702, 706
Davey (poudre) 173
De Bruyn (fabrication du fulminate de mercure) 276
de Court et Dejardin (distillation du soufre) 98
Déflagration 10
De la Tour-Dubreuil (soufre) 93
de Lenck 451
Dénitration de la nitrocellulose . . . 435
Denoël 708
Densimètre Mallet Bianchi 141
Densimètre Bode 144
Densimètre Ricq 145
Densité des poudres 139
Densité gravimétrique. 146
Densités (tableau des). 216
Densites 595, 701
Densite. 712
Densite I 712
Densite II 713
Densite III. 714
Dérivés nitrés des hydrocarbures . . . 294
Destruction des matières explosives . . 721
Destruction des bombes criminelles . . 729
Dessignoles (poudre de) 537
Détonants (cordeaux) 294
Détonateurs Abel 253
Détonateurs Augendre. 253
Détonateurs pour fusils 253
Détonateurs Anglais (fusées Boxer) . . 253
Détonateurs pour dynamites 283
Détonateurs (compositions fulminantes). 290
Détonateurs électriques 294
Détonation 10
Détonation (vitesse de) 717
Détonation (aptitude à la) 718
Détonation (théorie de la) 739
Détonation (Roux et Sarrau). 743
Detret (poudre de) 170
Devine (Rackarock). 265
Dextrine (nitrée) 398
Diacétine 328
Diazoamidobenzol 538
Diazobenzol (bromure de) 537
Diazobenzol (chromate de) 536
Diazobenzol (nitrate de) 535
Diazobenzol (sulfate de) 537
Diazobromobenzol 538
Diazobromobenzol (azotate de). . . . 538
Diazobromobenzol (bromure) 538
Diazochlorobenzol (azotate de). . . . 538
Diazodinitrophénol. 537
Diazoïques 533
Diazoiodobenzol. 539
Diazonitrochlorophénol 537
Diazophénol 537
Dichlorhydrine 338
Diénite. 554
Dinitramidophénol. 306
Dinitroglycérine. 323
Dinitrophénol 343
Distances dangereuses (table anglaise des) 780
Dissolvants de la nitrocellulose . . . 429
Divine (explosif) 576
Donar (explosif). 369
Donarite 706, 707
Donarite 716
Donarite 716
Dualines américaines 362
Dualine de Dittmar. 361
Dulcite 394
Durée de la flamme d'une explosion . . 717
Dynamite-guhr (étude de la) 335
Dynamite gelée 342
Dynamites antigels. 350
Dynamite à bases actives. 353
Dynamite grise de Paulille 356
Dynamite Nobel à la baryte 356
Dynamite paille 361
Dynamite au fulmi-coton. 361
Dynamites gommes. 365
Dynamites gélatineuses 376
Dynamite à l'ammoniaque 376
Dynamites de Cugny 378
Dynamite antigrisouteuse IV 712
Dynamite antigrisouteuse V 714
Dynamite gomme 716
Dynamite I . . . . . *

E.

Ecrasement (cylindres de plomb) . . . 219
Écrasite. 554
Éder. 404
Égalisage de la poudre noire 129
Électriques (détonateurs). 294

G.

Gaëns (poudre amide) 174
Gaëns (poudre sans fumée) 641
Galène (dans le sulfure d'antimoine) . . 249
Galerie d'essais (Frameries) 710
Gall et Montlaur (chlorate de potassium). 236
Gaz de houille (soufre du) 95
Gaz (tableau des poids du litre). . . . 194
Gaz (volume des gaz de l'explosion) . . 192
Gaz (volumes des gaz) 500
Géant (poudre) 363
Gel de la nitroglycérine 318
Gel de la dynamite 343
Gélatine à l'ammoniaque 702
Gélatine à l'ammoniaque 712
Gélatine carbonite 713
Gélatine dynamite 367
Gélatine dynamite 716
Gélatine explosive de guerre. 368
Gélatine explosive 373
Gélignites 360.375
Gélignites à l'ammoniaque 702
Glonoïne 310
Glucodine 398
Gluckauf (explosif) 707
Glucosane 396
Glucosane nitrée. 396
Glucoses 395
Glucose (nitro) 396
Glycérides 325
Glycérine pour dynamites (essais de la) . 329
Glycides 327
Glycols 308
Glyoxiline 364
Gommes de Cugny 377
Gomme explosive 365
Gomme (nitrée) 398
Gomme de sûreté 376
Graphite (dans le sulfure d'antimoine) . 249
Gravimètre. 146
Graydon (canon lance-torpille) 341
Grenades à main. 727
Grenage de la poudre noire 118
Grenoir Congrève 120
Grenoir Lefèvre 119
Grisou (explosifs antigrisouteux) . . . 695
Grisounine 594
Grisounites 705
Grisoutines 350
Grisoutines . . . . . .
Grisoutine d'Ablon . . . . . .
Grisoutine gomme . . . . . .
Grisoutines (Paulilles) . . . . . .
Grisoutine I . . . . . .
Grisoutine II . . . . . .
Grisoutite . . . . . .
Grisoutite . . . . . .
Guanidine (et sels de) . . . . . .
Guchez (expériences sur le coton poudre
Guhr . . . . . .
Guttmann . . . . . .
Guttmann (épreuve de chaleur). . .

H.

Hafenegger (poudre au chlorate) . .
Hahn (poudre de) . . . . . .
Haloxyline (de Fehleisen) . . . . .
Heise (bloc de plomb) . . . . . .
Hellhoffite . . . . . .
Hellhoffite-guhr . . . . . .
Herakline . . . . . .
Hollander . . . . . .
Horsley (poudre de). . . . . .
Hydrocellulose . . . . . .
Hydrocarbures nitrés (réaction) . . .
Hygroscopicité . . . . . .
Hypoazotite d'éthyle . . . . . .

I.

Indurite. . . . . .
Inflammation spontanée du bois . .
Influence (explosion par) . . . . .
Inosite . . . . . .
Inosite nitrée . . . . . .
Iodure d'azote . . . . . .
Isocyanurique (acide) . . . . . .

J.

Jarolimek (amorce à la chaux) . . .
Johannesburg (explosion de) . . .
Judson powder . . . . . .

K.

Kander (amorces) . . . . . .
Kayroli (poudre noire) . . . . .
Keeken (explosion du Schuerpoll) .

rt et Short (poudre au chlorate) . . 252
rite 28
nite 471, 530
te 640, 706
elguhr. 335
lahl (analyse du coton-poudre) . . 508
n (poudre de) 172
ll (poudre au chlorate) 263
encarbonite. 714
ovaloff (hydrocarbures nitrés). . . 297
kers 418
(poudre de). 171

L.

ose (nitro) 397
ouban (explosion de) 778
dskrona (poudre sans fumée) . . . 641
gfrey (paléine) 361
noy (Lithofracteur) 173
y (raffinage du soufre) 97
eau (explosif) 702
Chatelier (température d'explosion) . 197
vre (Grenoir) 119
Maréchal (poudre chloratée) . . . 266
naître (perchlorate dans le nitre). . 57
in (forcites) 374
ure (distances dangereuses) . . . 783
k (poudre noire) 159
te 553
ofracteur dynamital (Lannoy) . . . 173
ofracteur (Newton) . . . . . »
age de la poudre noire 121
s sur les explosifs 789
ge (préparation du chlorate de otassium) 234
ge 407
ge (analyse du coton-poudre) . . . 504
dite. 552

M.

arite 376
nésie (dosage dans le nitre) . . . 51
axeurs pour poudre sans fumée . . 631
lard (température d'explosion). . . 197
let-Bianchi (densimètre) 141
nmoth (poudre). 131
ilianite. 270
nitane nitrée 394
nite (nitro) 392
Manomètre à crusher 223
Matagne (dynamites de) 358
Matagne (grisoutite) 705
Mataziette 359
Matières explosives (destruction des). . 721
Matteen (pyrolithe de). 172
Maurouard (appareils de). 75
Mauser (amorces) 251
Maxim (poudre sans fumée) 640
Mécanique (amorçage). 723
Mèches 684
Mèche azotique . . . . . »
Mèche Bickford 291
Mèche à canon 687
Mèche (amorçage des bombes criminelles) 722
Méganite 360
Mélanges pyrotechniques (analyse des) . 271
Mélanges fulminants (analyse des) . . 290
Mélasse (nitro) 397
Mélinite 552
Mélinite-crésylite 579
Melland (poudre) 265
Melsens. 129
Métanitrophénol. 542
Méthane (nitro) 298
Méthyl azotique (éther) 303
Méthyl benzène 572
Mercure (fulminate de) 274
Meules de trituration 106
Mica (dynamite). 363
Mines (poudres de). 127
Mines de contact 432
Mines (tirage à la chaux). 719
Minite 714
Minolite 598
Minolite 707
Minolite nouvelle 702
Minolite nouvelle 712
Monochlorhydrine 326
Monoformine. 328
Mononitrobenzine 525
Mononitroglycérine. 325
Mononitronaphtaline 582
Mononitrophénol 540
Mononitrotoluène 572
Monosacharides 393
Mosenthal (étude des cotons) 405
Mortier-éprouvette 222
Moulin blanc (coton-poudre). 420
Mouton (essai au choc) 224

Muller (explosif) 357
Muller (explosif) 705
Muriatique (poudre) 250
Murtinedder (poudre de) 172

N.

Naphtaline 581
Naphtalines nitrées 582
Naphtol 588
Naphtols nitrés . . . . . »
Neumeyer (poudre de) 172
Newton (Lithofracteur) 173
Newton (explosion par influence) . . . 750
Nisser (poudre de) 265
Nitrate d'ammoniaque 60
Nitrate de baryum 62
Nitrate de cellulose 401
Nitrate de diazobenzol 535
Nitrate de guanidine 603
Nitrate de plomb 63
Nitrate de potassium 7
Nitrate de soude 58
Nitramites 589
Nitre 7
Nitre raffiné (essai du) 52
Nitre (réactions qualificatives) 57
Nitrification par les ferments 23
Nitro amidons 398
Nitro aniline 532
Nitro benzoates 601
Nitro coton 401
Nitro dextrine 398
Nitrodiamidophénol 566
Nitroéthane sodé 298
Nitroferrite 702
Nitroforme 289, 299
Nitrohydrocellulose 424
Nitrogélatine 373
Nitroglucosane 396
Nitroglucose . . . . . »
Nitroglycérine 310
Nitrogomme 398
Nitroguanidine 605
Nitroïnosite 397
Nitrolactose 397
Nitrolite 375
Nitromannitane 394
Nitromélasse 397
Nitrométhane 298
Nitromètre de Lunge . . . . . .
Nitrooxycellulose . . . . . .
Nitrorésorcine . . . . . .
Nitrotourbe . . . . . .
Nitrosaccharose . . . . . .
Nitrosoguanidine . . . . . .
Nobel (poudre sans fumée) . . . . .
Nobélite . . . . . .

O.

Obus brisants au coton poudre . . . .
Officier requis . . . . . .
Onde explosive (théorie de l') . . . .
Onde explosive (vitesse de l') . . . .
Oppioni (distillation du soufre) . . . .
Oriasite . . . . . .
Orthonitrophénol . . . . . .
Osmose (sels d') . . . . . .
Oxonite . . . . . .
Oxycellulose . . . . . .
Oxycellulose (nitrée) . . . . . .
Oxyliquite . . . . . .
Oxypicrates . . . . . .
Ozobenzène . . . . . .

P.

Paléine . . . . . .
Paléine . . . . . .
Paraffine (coton-poudre) . . . . . .
Paranitrophénol . . . . . .
Panclastites de Turpin . . . . . .
Pâte explosive . . . . . .
Paulille (dynamite grise de) . . . . .
Pebble (poudre) . . . . . .
Pégamoïd . . . . . .
Pellet (poudre) . . . . . .
Pelouze (procédé d'analyse du salpêtre).
Perchlorates (recherche dans le nitre) .
Perchlorates (généralités) . . . . .
Perchlorate (poudre Avisi) . . . . .
Perchlorate d'ammonium . . . . .
Perchlorate de potassium . . . . .
Perchlorate de sodium . . . . . .
Permonite . . . . . .
Pernitrates . . . . . .
Peroxyde d'azote . . . . . .
Pétards de chemin de fer . . . . . .
Pétard . . . . . .

e 397
ıe (acide) 539
I 714
benzénique. 539
; bromonitrés 565
naphtalique 588
, nitrés 539
; nitroamidés 565
; iodonitrés 565
toluidique 577
lucine (trinitro) 568
que (acide) 566
d'acénaphtène. 588
d'ammonium 538
d'anthracène 564
de benzine 564
de calcium 563
de fer. 562
de guanidine 601
; d'hydrocarbures. 564
mercurique. 563
de naphtaline 564
nitré 391
de plomb 563
de potassium 555
de soude. 558
ɜ (acide) 543
ɜ (acide) essais de. 569
our coton poudre) 450
procédés des) 104
énite 652
nitrate) 63
oudre blanche). 252
omiques. 183
xplosifs) 576
el des matières explosives . . . 174
e 471
; allemandes 639
de bois de Wetteren. 469
B. N 638
brune 131
de Berthollet (au chlorate) . . 255
; au chlorate 259
; au chlorate (généralités) . . . 255
de chasse 126
; Dessignoles 557
B française 638
au fulminate 280
muriatique. 250
de mine 127
Poudre noire (fabrication) 101
Poudre noire 716
Poudre noire belge. 135
Poudre noire (analyse de la) 149
Poudre picrique (Bougène) 561
Poudre picrique. 551
Poudres progressives 128
Poudre prismatique 129
Poudres pyroxylées. 469
Poudres sans fumée 626
Poudre verte 551
Poussières de houille (explosions causées par) 719
Presses à chaud 117
Pression en vase clos 202
Progressite 707
Prométhée. 268
Pulvérin 682
Pyrite de fer (soufre) 94
Pyrodialytes (Turpin) 266
Pyrolithe 172
Pyronome (de Detret) 171
Pyronome (Dandoy) 173
Pyrotechnie 673
Pyrotechniques (feux) 561

Q.

Quercite nitrée 390
Quinan (appareil d'écrasement) . . . 220

R.

Rackarock (poudre Devine) 265
Raffinage du salpêtre 33
Raffinage du soufre. 97
Ratés de mines 342
Réception des poudres noires 147
Réception des dynamites. 380
Regagnage des acides 315
Régularité des poudres 130
Rendrock 363
Résine explosive. 397
Résorcine 568
Résorcine (nitro) . . . . . »
Rhamite 390
Rhénane (dynamite) 363
Ricq (densimètre) 145
Roburite 531, 704
Roburite 531, 704

Roburite n° 3. 706
Rossart et Sencier (séchage des explosifs). 428
Roux (théorie de la détonation) . . . 743
Rupture (emploi du coton-poudre). . . 453

S.

Saccharose (nitrée). 396
Salpêtre 7
Salpêtre brut (analyse) 46
Salpêtre de Ceylan 25
Salpêtre du Chili . . . . . »
Salpêtre de l'Inde 24
Sandoy (pyronome). 173
Santander (explosion de). 775
Sarrau (calcul des pressions) 210
Sarrau (chaleurs spécifiques) 198
Sarrau (tableau des pressions) 209
Sarrau (théorie de la détonation) . . . 743
Saxifragine 171
Scharp et Smith (poudre de) 264
Schiff (réactif de) 426
Schischkoff (poudre noire) 158
Schloesing (analyse du salpêtre) . . . 43
Schloesing (analyse du coton-poudre) . 494
Schoenbein 401
Schuerpoll (explosion de) 755
Schültze (poudre de) 468
Schwartz (poudre de) 171
Sébastine 357
Sébomite (Louis) 267
Séchage de la poudre noire 123
Sécurite 597
Sécurite 708
Sécurophore I 713
Sécurophore II . . . . . »
Sécurophore III 714
Sel gemme 28
Sel de prunelle 8
Séléniure d'azote 623
Sensibilité au choc 224
Sensibilité des dynamites gelées . . . 345
Séranine 360
Shimose japonaise 552
Sky (épreuve des coton-poudres) . . . 675
Siemens (poudre) 264
Soie artificielle 473
Solénite 651
Soufre (étude du) 83
Soufre (essais du) 99
Soufre (industrie du) . . . . . .
Soulages (poudre de) . . . . . .
Spence (poudre au chlorate). . . . . .
Sprengöl . . . . . .
Sprengel (explosifs acides de) . . . .
Sprengel (explosifs chloratés) . . . . .
Springpaste . . . . . .
Stabilité (épreuve de) . . . . . .
Street (explosifs). . . . . .
Strontium (nitrate) . . . . . .
Strassfurt (sels de) . . . . . .
Sucres . . . . . .
Suint . . . . . .
Sulfates (extraction du soufre) . . .
Sulfure d'antimoine . . . . . .
Sulfonitre . . . . . .
Sûreté (explosifs de) définition . . .
Sylvine . . . . . .

T.

Table anglaise des distances dangereuse
Tachydrite. . . . . .
Température d'explosion . . . . .
Température d'inflammation . . .
Tension de la vapeur d'eau . . . .
Tétranitronaphtaline . . . . . .
Théorie de la combustion de la poudre
Thiazyle . . . . . .
Thomas (soufre) . . . . . .
Thomson (fabrication du coton-poudre)
Thundérite . . . . . .
Tiophène . . . . . .
Tir à blanc (poudre pour) . . . .
Tirage des mines à la chaux. . . .
Tirmann (amorce) . . . . . .
Toluène . . . . . .
Toluènes nitrés . . . . . .
Tonite . . . . . .
Tonnes de trituration . . . . . .
Torpilles chargement . . . . . .
Totten (poudre) . . . . . .
Tournay Julien (distances dangereuses)
Trauzl (dynamite) . . . . . .
Trauzl (bloc de plomb) . . . . . .
Trémonite. . . . . .
Triacétine . . . . . .
Triazotine . . . . . .
Trichlorhydrine . . . . . .
Trinitracétonitrile . . . . . .

LA PHOTOGRAPHIE appliquée aux Arts militaires et A
Arts civils. — Leçons théoriques et pratiques.
Prix : 3 fr.

PRÉCIS DES MATIÈRES ÉCLAIRANTES et de l'Éclair
moderne. — *Prix* : 5 francs. (Épuisé).

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building

Form 418